



ผลของหน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อ  
ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย  
THE EFFECT OF ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY LEARNING UNIT ON SCIENTIFIC  
REASONING ABILITIES OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

ปัทมพร จันชัยภูมิ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

ผลของหน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อ  
ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECT OF ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY LEARNING UNIT ON SCIENTIFIC  
REASONING ABILITIES OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS



PANNAPORN JUNCHAIPOOM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of MASTER OF EDUCATION  
(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของหน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อ  
ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ปัทมพร จันชัยภูมิ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก  
(อาจารย์ ดร.ณวรา สีที)

..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา)

ชื่อเรื่อง	ผลของหน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	บัณฑิพร จันชัยภูมิ
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ผนวรา สีสี

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 แผน ได้แก่ 1) ปฏิบัติการที่ให้กระแสไฟฟ้า 2) ความแรงของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ 3) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี 4) การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า 5) การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า และ 6) การฟูก่อนของโลหะ ทำการศึกษาโดยใช้แบบแผนการวิจัยหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนและหลังการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 41 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสะดวก โดยใช้ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนจุดตัดสถิติทดสอบค่าที และขนาดอิทธิพลของ Cohen ผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยทำให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ( $d=2.04$ ) ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง, ไฟฟ้าเคมี

Title	THE EFFECT OF ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY LEARNING UNIT ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Author	PANNAPORN JUNCHAPOOM
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	NAVARA SEETEE

The aim of this research is to study the effect of an argument driven inquiry learning unit, entitled Electrochemistry, on the scientific reasoning abilities of upper secondary school students, and the academic achievement of upper secondary school students. The unit consisted of six lessons: (1) redox reactions (2) The strength of reducing and oxidizing agents (3) electrochemical cell potential (4) electrolysis 5) metal plating through electrolysis and (6) metal corrosion. The study was conducted using a one-group pretest-posttest design on a sample group of Year 12 students in the Science and Mathematics Program. There were 41 students studying in the first semester of the 2020 academic year, selected by convenience sampling. The research tools were the Scientific Reasoning Ability Test and the Academic Achievement Questionnaire. The statistics on mean, percentage, standard deviation, cutting points and one samples t-test and effect size were used to analyze the data. The results were found that the argument-driven inquiry learning unit effects on scientific reasoning abilities. The scientific reasoning abilities of the students were a statistically significant higher than the cutting point at the level of .05 and had a high effect size ( $d = 2.04$ ). In term of academic achievement, it was found that the students had statistically significant higher posttest scores of achievement than the cutting point at a .05 level and higher than a criteria at 70% with no statistical significantly difference.

Keyword : Argument Driven Inquiry Learning Unit, Scientific Reasoning Abilities, Upper Secondary School Students

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จด้วยดี เนื่องด้วยความเมตตากรุณาและการเอาใจใส่ของ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ณวรา สีที ที่เปี่ยมด้วยความรัก เมตตาต่อ ลูกศิษย์ ให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ แนะนำให้คำปรึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างดี

ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. เอกรัตน์ ทานาค และ ผศ.ดร.จรรยา ดาสา ที่ได้สละเวลา อันมีค่าเข้าเป็นประธานกรรมการในการสอบปากเปล่า ดร.พินิจ ขำวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษารุ่นที่ได้มอบ กำลังใจ และคำส่งสอนให้งานสำเร็จมาได้ด้วยดี

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า ตรวจสอบ แนะนำให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คุณครูต ตลอดจน นักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทดลอง จนทำให้ผลการวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์

ขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคน ที่ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการศึกษาจนเกิดความสำเร็จครั้งนี้

คุณค่าและสารประโยชน์ใด ๆ ที่เกิดจากผลงานวิจัยของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอ มอบ เพื่อเป็นเครื่องบูชา แก่บูรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้รับการอบรมสั่งสอนผู้วิจัยมา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อสุภพงษ์ คุณแม่ניתยา จันชัยภูมิ บิดามารดาผู้ให้ กำเนิด และลูกชาติ ป้าดุสิตี สว่างศรี ที่ได้ดูแล อบรมสั่งสอนจนได้รับโอกาสเช่นนี้ และขอมอบ ความสำเร็จและความภาคภูมิใจให้ครอบครัว และญาติๆ ทุกคน ที่ตั้งใจ รอคอยความสำเร็จในครั้งนี้

ปัทมพร จันชัยภูมิ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
คำถามของการวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	6
ความสำคัญของการวิจัย .....	6
ขอบเขตของการวิจัย .....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	10
สมมติฐานของการวิจัย.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) .....	14
2.2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning ability).....	17
2.3 รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI: Argument driven inquiry) .	28
2.4 คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี .....	44
2.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี .....	48



2.6 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	54
.....	54
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	56
1. รูปแบบการวิจัย .....	56
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย .....	57
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	57
4. การดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	65
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ .....	65
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	73
1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....	73
1.1 การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ .....	73
1.2 ผลการศึกษาขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....	75
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	76
2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี กับคะแนนจุดตัด .....	76
2.2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี เทียบกับเกณฑ์ .....	77
3. ข้อมูลเชิงคุณภาพ .....	78
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และขอเสนอแนะ.....	96
คำถามวิจัย.....	96
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	96
สมมติฐานของการวิจัย.....	97
ขอบเขตของการวิจัย .....	97
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	98

สรุปผลการวิจัย.....	99
อภิปรายผลการวิจัย .....	99
ข้อเสนอแนะ .....	107
บรรณานุกรม .....	109
ภาคผนวก.....	117
ประวัติผู้เขียน.....	172



## สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงลักษณะสำคัญรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....	25
ตาราง 2 กรอบการจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง .....	38
ตาราง 3 คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ..	45
ตาราง 4 โครงสร้างเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี.....	46
ตาราง 5 แสดงวิธีการวัดและประเมินการเรียนรู้และตัวอย่างเครื่องมือ .....	52
ตาราง 6 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องประเมิน.....	58
ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	61
ตาราง 8 หัวข้อเนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี .....	63
ตาราง 9 การแปลความหมายของค่าขนาดอิทธิพล .....	69
ตาราง 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด .....	75
ตาราง 11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับคะแนนจุดตัด .....	77
ตาราง 12 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ตามรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง .....	120
ตาราง 13 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....	121
ตาราง 14 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี .....	122
ตาราง 15 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี.....	125
ตาราง 16 แสดงผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ .....	126
ตาราง 17 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....	126

ตาราง 18 แสดงการหาค่าของคะแนนจุดตัดของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิง  
วิทยาศาสตร์..... 127

ตาราง 19 แสดงการหาค่าของคะแนนจุดตัดของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ..... 128



## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	11
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง .....	37
ภาพประกอบ 3 แบบแผนการวิจัย One Group pretest-posttest design (Fitz-Gibbon, 1987) .....	56
ภาพประกอบ 4 จุดตัดของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....	74
ภาพประกอบ 5 จุดตัดของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	76
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่าง ใบกิจกรรมที่นักเรียนบันทึกหลังการสำรวจตรวจสอบ .....	79
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่าง ข้อโต้แย้งของกลุ่ม .....	80
ภาพประกอบ 8 ภาพกิจกรรมการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 .....	81
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล .....	82
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างแบบประเมินรายงานโดยเพื่อน.....	83
ภาพประกอบ 11 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 .....	86
ภาพประกอบ 12 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 .....	87
ภาพประกอบ 13 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3.....	89
ภาพประกอบ 14 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4.....	91
ภาพประกอบ 15 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5.....	92
ภาพประกอบ 16 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6.....	93

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ในศตวรรษที่ 21 โลกเริ่มเปลี่ยนแปลงไปสู่ยุคสังคมเศรษฐกิจที่มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทำให้สังคมโลกในปัจจุบันและอนาคตเข้าสู่สังคมใหม่ที่มีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นเครื่องมือในระบบการผลิตเพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันของโลก โดยมีคนเป็นสื่อกลางที่สำคัญในการกระจายความรู้ ซึ่งจะนำไปสู่การปรับตัวให้เข้ากับสภาพเศรษฐกิจสังคม และสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป การสร้างความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้กับคนในชาติเป็นเรื่องที่สำคัญทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อร่วมกันสร้างสังคมวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) ดังนั้น การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศต่าง ๆ จึงได้กำหนดเป้าหมายและดำเนินการปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อนำนักเรียนไปสู่การรู้วิทยาศาสตร์ (Norris and Phillips, 2003) และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลสร้างสรรค์ และมีคุณธรรมต่อไป

การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) คือการเข้าใจในมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอที่จะตัดสินใจลงข้อสรุปจากเหตุการณ์นั้น (NCREL, 2003) ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพราะเป็นความรอบรู้ที่จำเป็นและมีส่วนในการพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ (Laugksch, 2000) สมรรถนะที่บ่งชี้ถึงการรู้วิทยาศาสตร์ คือการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การประเมิน การออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการแปลความหมายของข้อมูล (โครงการ PISA 2018 ประเทศไทย สสวท., 2562) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการรู้วิทยาศาสตร์ (Giere, 1991) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนกระบวนการคิดที่สัมพันธ์กับการค้นหาสาเหตุจนกระทั่งถึงการสร้างข้อสรุป โดยใช้กระบวนการให้เหตุผลเพื่อมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแนวคิดทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ (Zeined and Khalick, 2010) ซึ่งจะเกิดแนวคิดที่เป็นข้อมูลเบื้องต้นของการเริ่มศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้แนวทางในการศึกษาค้นคว้า ในการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการคิดที่หาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏตามธรรมชาติกับสิ่งที่มนุษย์ต้องการรู้ โดยใช้เหตุผลและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิม (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2542) ดังนั้นการให้เหตุผลจึงเป็นทักษะขั้นสูงที่ต้องบูรณาการกับ

สมรรถนะสำคัญในหลายด้าน เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจด้วยเหตุผลได้อย่างถูกต้องบนพื้นฐานของการรู้วิทยาศาสตร์ (วรัญญา จำปามูล, 2555; พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน, 2556; ภัทราวรรณ ไชยมงคล และคณะ, 2559; Giere, 1991)

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) เป็นโครงการที่สามารถบ่งชี้ถึงศักยภาพของบุคคลในการพัฒนาประเทศ การประเมินนี้สอดคล้องกับเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมผลเมืองของตนเองเป็น “ผู้รู้วิทยาศาสตร์” การประเมินประกอบด้วยคำถามที่มุ่งประเมินความสามารถในการตั้งสมมติฐานคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ซึ่งอาจเป็นการคาดการณ์ “ผลจากเหตุ” หรือคาดการณ์ “เหตุจากผล” (ร้อยละ 37.93) และความสามารถในการตีความ ลงข้อสรุป และแจงที่มาของข้อสรุป (ร้อยละ 17.24) คำถามเหล่านี้รวมกันคิดเป็นร้อยละประมาณ 55.17 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เกินกว่าครึ่ง สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ให้ความสำคัญกับการตั้งสมมติฐาน คาดการณ์คำตอบ รวมถึงความสามารถในการตีความ ลงข้อสรุปและชี้แจงที่มาของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ (ลีอชา ลดาชาติ และไชคชัย ยืนยง, 2013) แต่จากผลการประเมินในปี พ.ศ. 2561 (PISA, 2018) พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ทั้งด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ นักเรียนไทยประมาณ 56% มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป โดยค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิกคือ 78% และมีนักเรียนไทยเพียง 1% ที่มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ในระดับสูง (ระดับ 5 และระดับ 6) ค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก มีนักเรียน 6.8% ที่มีความสามารถในระดับนี้ คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย คือ 426 คะแนน อยู่ในช่วง ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินวิทยาศาสตร์ใน PISA 2015 กับ PISA 2018 พบว่า คะแนนด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนเพิ่มขึ้น 4 คะแนน ซึ่งในการทดลองทางสถิติถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการประเมินรอบที่ผ่านมา กลุ่มโรงเรียนเน้นวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มประเทศเศรษฐกิจที่มีคะแนนสูงสุดห้าอันดับแรก และกลุ่มชาติของมหาวิทยาลัยมีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ย OECD ส่วนกลุ่มอื่นๆ ยังคงมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาเกี่ยวกับใช้ข้อมูลจากการอ่าน ทำให้ความฉลาดด้านการอ่านสัมพันธ์กับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประเมิน เลือกรู้ข้อมูลในการลงข้อสรุปได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ยังคงมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ



นอกจากนี้ ผลงานวิจัยของนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน แสดงผลไปในทิศทางเดียวกันว่า นักเรียนไทยส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ภคพร อิศระ, 2557; ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกุล, 2555; Sune et al., 2007) ตัวอย่างเช่น ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกุล (2555) ศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 14 คน ปรากฏว่าร้อยละ 93 ไม่เข้าใจในความรู้วิทยาศาสตร์ ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถลงข้อสรุปบนพื้นฐานของหลักฐานได้ นักเรียนจึงไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เน้นการอ้างอิงหลักฐาน ประกอบกับ จากการเก็บข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนอยู่ในปีการศึกษา 2558-2560 พบว่านักเรียนมากกว่า 70% ไม่สามารถทำข้อสอบปลายเปิดในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงเหตุผลหรือที่มาของคำตอบได้ (รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, 2561) อีกทั้งผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชา วิทยาศาสตร์จำนวน 24 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายที่มาของคำตอบได้ แสดงถึงการที่นักเรียนไม่เข้าใจ จนส่งผลให้ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปนั้น ซึ่งสาเหตุประการหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แต่ต้องให้ครูช่วยบอกและแนะนำ อยู่เสมอ เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ใช้วิธีการท่องจำ ไม่ได้เข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลและหลักฐานได้ ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูในปัจจุบันยังมีลักษณะที่เน้นการบรรยาย การท่องจำ และให้ความสำคัญกับเนื้อหามากกว่าการสอดแทรกทักษะกระบวนการ หรือฝึกผู้เรียนให้มีกระบวนการคิดวิเคราะห์ห็น้อย จึงส่งผลให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายหรือให้เหตุผลต่อสถานการณ์หรือปัญหานั้นไม่ได้ ดังนั้นจึงควรมหาแนวทางที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลกับผู้เรียน (นภาพร จุ้ยอินทร์ และสุทธิกัญจน์ ทิพยเกษร, 2559)

การมีทักษะ หรือ ความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและการดำเนินกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Kuhn, 1989; Lawson, 2009; Lawson et al., 2007) ทั้งยังมีงานวิจัยยืนยันว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (Walker et al., 2010; Lawson et al., 2007; Bao et al., 2009) การทำงานทางวิทยาศาสตร์หรือแบบนักวิทยาศาสตร์ เป็นการนำข้อมูลหลักฐานมาวิเคราะห์เพื่อลงข้อสรุปและสร้างองค์ความรู้ผ่านการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับหลักฐานอย่างมีเหตุผลจนนำไปสู่ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง (ภคพร อิศระ, 2557) อย่างไรก็ตาม การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนักเรียนจะต้องเข้าใจว่าจะ



ประเมินในสิ่งที่ตนรู้หรือสิ่งที่เชื่อได้อย่างไร โดยมีการการตั้งคำถาม ทดสอบสมมติฐานและลงข้อสรุปโดยอิงหลักฐานเชิงประจักษ์และทฤษฎี (Morris et al., 2012) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ควรมีกิจกรรมที่กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถาม ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการออกความคิดเห็น กล่าวอภิปรายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบ เพื่อนำมาอธิบายสรุปเป็นข้อมูลของตนเอง ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (ณรงค์ชัย พงษ์ชนะ, 2559) การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ในชั้นเรียน จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการฝึกให้เขาได้พัฒนาทักษะกระบวนการในการให้เหตุผลอันเป็นทักษะที่ดีในการอธิบาย ทำนาย และควบคุมสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเขาได้อย่างสมบูรณ์

จากการศึกษางานวิจัยในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลมีหลากหลายวิธี อาทิเช่น การเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้น ที่ได้ทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาชีววิทยา พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีทั่วไป เนื่องจากมีกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนทำงานแบบร่วมมือ และมีการสังเกตและสร้างคำถามจากสถานการณ์ปัญหา พร้อมทั้งตั้งสมมติฐานที่นำสู่การรวบรวมข้อมูลและลงข้อสรุปที่ได้ (จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี, 2556) การเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องการรักษาคุณภาพของร่างกาย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม มีการอธิบายและสร้างข้อสรุปด้วยตนเองอย่างมีเหตุผลในทุกขั้นตอน ส่งผลให้สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน, 2556) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโต้แย้งและประเมิน เนื่องจากในขั้นการสอน ผู้สอนจะมีการนำเสนอประเด็นโต้แย้งเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ส่งผลให้ผู้เรียนได้คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าหรือตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ หากความรู้เดิมของนักเรียนไม่เหมาะสมกับการทำนาย จะเป็นแนวทางให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลของการสร้างหลักฐานนั้น นำไปสู่ขั้นปฏิบัติที่ผู้เรียนมีการพิสูจน์สมมติฐาน (ณรงค์ชัย พงษ์ชนะ, 2559) ฉะนั้นนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ตรวจสอบข้อมูลและประเมินหลักฐาน รวมถึงสร้างข้อโต้แย้งซึ่งเป็นข้อสรุปสุดท้าย การโต้แย้งจึงสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อันเป็นการสร้างข้อสรุปโดยมีหลักฐานและอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ฉะนั้นจะพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถกเถียงในประเด็นของ

ชั้นเรียนร่วมกัน เปรียบเสมือนการใช้เหตุผลมาอธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีหลักฐานที่ได้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อสรุปนั้นให้เป็นที่ยอมรับร่วมกันอีกด้วย ดังนั้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี คือ การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument driven inquiry; ADI) (ภคพร อิศระ, 2557) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Sampson ตั้งแต่ปี 2009 จนถึงช่วงปี 2011 ซึ่งมุ่งพัฒนาทักษะและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งเพื่อหาข้อสรุปและนำไปสู่การตัดสินใจ ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นการรวบรวมข้อมูล ข้อเท็จจริงตามทฤษฎีและหลักการตลอดจนหาหลักฐานเชิงประจักษ์มายืนยันและสรุปเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ตลอดจนมีส่วนร่วมในกระบวนการโต้แย้งที่ได้ค้นพบมาแบ่งปันและสนับสนุนแนวคิดที่สร้างขึ้นกับผู้อื่น (Tuba, 2015, p. 269) นอกจากนี้ นักเรียนจะได้สื่อสารความคิดของตนเองกับผู้อื่น และถ่ายทอดข้อมูลทั้งในเชิงโต้ตอบ และการเขียนรายงานเพื่อแบ่งปันสู่ผู้อื่นอีกด้วย (Sampson Grooms and Walker, 2009) ซึ่งสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลได้ด้วยโดยในกระบวนการของการเรียนรู้ด้วยรูปแบบนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจในองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่หาข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์หรือปัญหาที่พบ หาหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างนั้น และสื่อสารอธิบายออกมาเป็นเหตุผลที่สมเหตุสมผลได้เป็นอย่างดี (ภัทราวรรณ ไชยมงคล และคณะ, 2559; ภคพร อิศระ, 2557)

สาระการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ควรเน้นการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มากเกินไป (Chinn and Malhotra, 2002) ควรมีการทดลองที่มีตัวแปรที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันไตร่ตรองว่าข้อสรุปที่ได้มามีหลักฐานใดบ้างที่ช่วยสนับสนุน และการสนับสนุนนั้นเป็นอย่างไร ทั้งนี้เพื่อตัดสินใจร่วมกันเลือกข้อสรุปที่มีเหตุผลและน่าเชื่อถือมากที่สุด (Geddis, 1991) สาระการเรียนรู้ของเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมีเป็นหน่วยหนึ่งที่มีเนื้อหาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และสามารถพิสูจน์ได้ด้วยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งการทดลองที่เกิดขึ้นนักเรียนยังสามารถศึกษา ตรวจสอบได้จริงอีกด้วย

ด้วยความตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดี ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ในรายวิชาเคมี

เพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมีของนักเรียนอันจะส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะของการรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทยอย่างแท้จริง

### คำถามของการวิจัย

1. หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งเรื่องไฟฟ้าเคมี สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้หรือไม่ อย่างไร

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด
2. เพื่อศึกษาขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
3. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด
4. เพื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) กับเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70
5. เพื่ออธิบายว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ได้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ออกแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูผู้สอนที่ใช้นี้เนื้อหาสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง หรือใช้เป็น

แนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เรื่องอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

### ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

#### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 6 ห้อง รวมทั้งสิ้นจำนวน 238 คน

#### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 41 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience sampling)

#### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่
  - 1.1 หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้อยู่รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
2. ตัวแปรตาม แบ่งเป็นดังนี้
  - 2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยมีเนื้อหาย่อย ดังนี้ ปฏิกริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิก เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งหมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดย Sampson (2009) มีพื้นฐานแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการทางสังคม (Social Constructivism) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นบทบาทของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักฐานมายืนยันสนับสนุนข้อสรุปอย่างมีเหตุผล การจัดการเรียนรู้ของรูปแบบนี้มีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- 1) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2) กระตุ้นให้นักเรียนสร้างและวิจารณ์ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนด้วยเหตุผลอย่างน้อย 1 ประการ และ
- 3) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อ่าน เขียน และอภิปรายงานจากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติโดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1) การระบุภาระงาน (Identification of the task) การสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้อื่นๆกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษาหรือปัญหาที่กำหนด แล้วนำไปสู่การระบุภาระงาน โดยครูเป็นผู้กำหนดประเด็นหรือสถานการณ์ที่เป็นภาระงานให้กับนักเรียน

ขั้นที่ 2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูล (Generation and analysis of data) การออกแบบการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา รวมถึงการดำเนินการตรวจสอบเก็บรวบรวม จัดกระทำข้อมูล จนสามารถสรุปเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะได้ออกแบบสำรวจตรวจสอบในประเด็นที่ถุกมอบให้ แล้วจัดกระทำข้อมูลต่างด้วยตัวนักเรียนเอง โดยที่มีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of a tentative argument) เป็นการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม ที่ใช้ตรวจสอบข้อมูลที่ตนได้รวบรวมมา โดยนักเรียนจะแลกเปลี่ยนข้อมูลและถกเถียงกันในข้อมูลที่ตนเองได้สำรวจตรวจสอบมาแล้วสรุปเป็นข้อโต้แย้งของกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอในกิจกรรมการโต้แย้งของชั้นเรียนต่อไป

ขั้นที่ 4) กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation session) การนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบข้อมูลและข้อโต้แย้งของกลุ่มนักเรียนต่อเพื่อนร่วมชั้น อภิปรายและวิจารณ์ผลงานเพื่อมุ่งหาคำตอบของปรากฏการณ์ที่มีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนให้เป็นที่ยอมรับ โดยเริ่มต้น ครูชี้แจงขั้นตอนการโต้แย้ง นิยามคำสำคัญให้เข้าใจตรงกัน และกำหนดเวลาการนำเสนอและอภิปรายข้อโต้แย้ง แล้วนักเรียนจะเวียนกลุ่มกันออกมานำเสนอผลงานข้อโต้แย้ง



ของกลุ่มตนเอง และร่วมอภิปรายข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นอย่างมีเหตุผล เพื่อนำแนวคิดที่ได้ไปเขียน รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของตนเอง

ขั้นที่ 5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Write up investigation report) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคลในรายงานประกอบด้วยจุดประสงค์ วิธีการสำรวจ ตรวจสอบ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูจะเป็น ผู้แนะนำการเขียนรายงานให้นักเรียน

ขั้นที่ 6) การทบทวนรายงานโดยเพื่อน (Double-blind peer review) การรวบรวม รายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลโดยครู แล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินผลงานของเพื่อน พร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบ รายงาน ตามเกณฑ์การประเมิน โดยเพื่อนร่วมชั้น

ขั้นที่ 7) การปรับปรุงรายงาน (Revision of the report) การแก้ไขและปรับปรุง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเองอีกครั้งหลังจากที่นักเรียนได้รับรายงานผลการสำรวจ ตรวจสอบที่ผ่านการประเมินโดยเพื่อนแล้วนั้นนักเรียนสามารถแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการ สำรวจตรวจสอบอีกครั้งก่อนรวบรวมส่งให้กับครู

ขั้นที่ 8) การอภิปรายและสะท้อนกลับอย่างชัดเจน (A reflective round-table discussion) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหาหรือสถานการณ์ของชั้นเรียน และประเมินผลการอธิบายข้อสรุปของแต่ละกลุ่ม ตลอดจน ยอมรับหลักฐานที่หลากหลายเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนข้อสรุปนั้นร่วมกัน

**2. หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดย กลวิธีการโต้แย้ง** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งเพื่อมุ่งพัฒนานักเรียนในด้านความสามารถในการให้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าเคมี ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ มีทั้งหมด 6 แผน ได้แก่ 1) ปฏิกริยาที่ให้กระแสไฟฟ้า 2) ความแรงของตัว รีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ 3) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี 4) การแยกสารละลายด้วย กระแสไฟฟ้า 5) การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า และ 6) การผูกกรอนของโลหะ

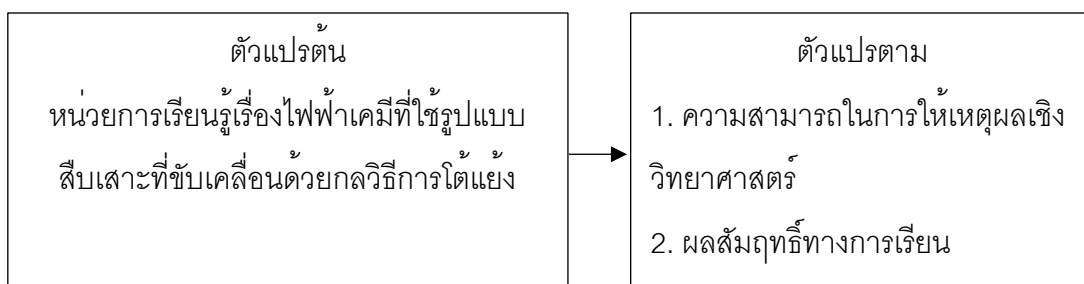
**3. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง การแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปนั้นอย่างสมเหตุสมผลโดยประเมินจาก แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประเภทอัตนัย ประกอบด้วย 10 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะมีคำถาม 1 ข้อ

**4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง ความรู้ความสามารถของผู้เรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียนที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเรื่องไฟฟ้าเคมี ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือกแบ่งเป็น 5 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ และประเมินค่า

#### กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาพบว่าได้มีนักวิชาการหลายท่านทำการศึกษการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งได้ผลการศึกษาในทิศทางเดียวกัน ภัทรารวรรณ ไชยมงคล (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง นักเรียนมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้น สอดคล้องกับ ทศพล สุวรรณพุด (2562) พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อยู่ในระดับดี ประกอบกับงานวิจัยของ ภคพร อิศระ (2557) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีรายวิชาเคมีพื้นฐาน หลังจากใช้รูปแบบการสืบเสาะที่มีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีพื้นฐานได้เช่นกัน ดังนั้น

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาตัวแปรต้น คือหน่วยการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อตัวแปรตามคือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

### สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 จัดว่ามีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี (สันติชัย อนุวรชัย, 2553) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรัญญา จำปามูล (2555) ที่ได้ทำการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นกลุ่มทดลอง (ร้อยละ 64.67) สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม (57.43) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี อีกทั้งจากรายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ประจำปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 68.82 นอกจากนี้งานวิจัยของสันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่ศึกษาผลการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้มีการศึกษาค่าขนาดอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบขนาดอิทธิพลที่มีผลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.96 จัดว่าอยู่ในระดับสูง

จากผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัด



2. ขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ในระดับสูง

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมีสูงกว่าคะแนนจุดตัด

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning)
  - 2.1.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.1.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
- 2.2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning abilities)
  - 2.2.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.2.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.2.3 การวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
- 2.3 รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI: Argument driven inquiry)
  - 2.3.1 ความเป็นมาของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 2.3.2 หลักการแนวคิดของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 2.3.3 จุดมุ่งหมายและลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 2.3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 2.3.5 บทบาทครูและบทบาทผู้เรียน
- 2.4 มาตรฐานและตัวชี้วัดเรื่อง ไฟฟ้าเคมี
- 2.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
  - 2.5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
  - 2.5.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
  - 2.5.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 2.5.4 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

2.6 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

## 2.1 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning)

การให้เหตุผลมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการดำเนินกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Kuhn, 1989; Lawson, 2005; Lawson et al., 2007) นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และถูกระบุอยู่ในมาตรฐานการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ได้ระบุเพื่อเน้นย้ำเกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลไว้ว่า “การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอความคิดเห็นและการอ้างเหตุผล ย่อมเกิดผลดีเพราะนอกจากการตั้งคำถาม ถกเถียงกันกับเนื้อหาวิชาการจะเป็นการฝึกความคิดแล้ว ยังเป็นการกระตุ้นการเรียนรู้อีกด้วย” ดังนั้น การพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถให้เหตุผลได้จึงเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในการสอนวิทยาศาสตร์ (Osborne, 2007)

### 2.1.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การฝึกผู้เรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ไขปัญหา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 54) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่าเป็นการกล่าวอ้างหลักฐาน เพื่อยืนยันในข้อสรุปนั้น แต่การคิดให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความเฉพาะเจาะจงกว่า เนื่องจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนกระบวนการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (Zimmerman, 2000) แต่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่พบได้ทั่วไปในนักวิทยาศาสตร์ Lawson (2000) ให้นิยามของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหาข้อมูลหรือหลักฐาน เพื่อประเมินหลักฐานในการสร้างข้อสรุปจากหลักการและหลักฐานนั้นไปสู่ข้อสรุปใหม่ (Lee and She, 2010) เช่นเดียวกับ จันทรเพ็ญ เชื้อพานิช (2542) และจุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2555) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการคิดของบุคคลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ใหม่และความรู้เดิมที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล ทำให้การดำเนินการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างเรียบร้อย (สิทธิศักดิ์จินดาวงศ์, 2555) ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปจากความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือกับความรู้ใหม่ที่ค้นพบ (อารยา ปาละโชติ, 2551, น. 7; ทศพลสุวรรณพุด, 2562, น. 16; ชันญิตดา สุริโย 2562, น. 38)

จากความหมายข้างต้นจะพบว่าทุกคนให้ความสำคัญกับการแสดงความสัมพันธ์ของข้อสรุปและหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ

ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการสังเกต และรวบรวมข้อมูล ดังนั้น การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จึงอาจหมายถึง กระบวนการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบข้อมูล เพื่อนำหลักฐานมาสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อสรุป จนเกิดเป็นการอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล

### 2.1.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้แตกต่างกันออกไปตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ดังนี้

กลุ่มที่ 1 แบ่งตามกระบวนการศึกษาเพื่ออธิบายข้อสรุปจำแนกได้ 2 ประเภท คือ 1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive) และ 2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive) (Ellis and Hunt, 1989; Holyoak and Morrison, 2005; Verlinden, 2005)

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยการตั้งสมมติฐานจากข้อมูลหรือกฎเกณฑ์ทั่วไป มีการใช้หลักการแนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎแล้วทำการทดสอบสมมติฐานจนกระทั่งได้ข้อสรุปเพื่ออธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะโดยอาจมีข้อโต้แย้งที่นำมาให้เหตุผลเป็นความรู้ที่ทราบชัดเจนเสนอเพื่อสนับสนุนการสรุปสมมติฐานจนนำมาสู่ข้อสรุปที่มีความชัดเจน ตัวอย่างเช่น มีความสงสัยว่าเราควรรับประทานมะเขือดิบหรือมะเขือสุกมากกว่ากัน จึงไปศึกษาหลักการพบว่าวิตามินซีลดลงเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นเราจึงควรรับประทานมะเขือดิบเพราะมีปริมาณวิตามินซีมากกว่า

2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดให้เหตุผลโดยใช้การสังเกตตามลำดับเหตุการณ์ที่เป็นความรู้จำเพาะ และมีการทดสอบผลจนกระทั่งค้นพบเกิดเป็นกฎเกณฑ์นำไปสู่การสร้างเป็นทฤษฎีอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ตัวอย่างเช่นสังเกตพบว่าปริมาณวิตามินซีของมะเขือดิบลดลงเมื่อนำไปผัด จึงลองนำมะเขือดิบไปต้มบ้างและพบว่าปริมาณวิตามินซีก็ลดลงเช่นกัน จึงสรุปว่าปริมาณวิตามินซีของมะเขือดิบลดลงเมื่อได้รับความร้อน

กลุ่มที่ 2 แบ่งตามจุดประสงค์ของการให้เหตุผลจำแนกได้ 4 ประเภท คือ 1) Abduction (Abductive reasoning) 2) Retroduction (Retroductive reasoning) 3) แบบนิรนัย (Deductive reasoning) และ 4) แบบอุปนัย (Inductive reasoning) (Lawson, 2010) ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบ Abduction (Abductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในสิ่งที่ได้จากการสังเกต ที่ได้มาจากกระบวนการเปรียบเทียบ สมมติฐานกับหลักฐานความรู้ที่สนับสนุนสมมติฐานนั้น (ถ้า, และ, ดังนั้น) ตัวอย่างเช่น ถ้า จุดสว่างที่มองเห็นบนท้องฟ้าตอนกลางคืนเกิดปรากฏให้เห็นในตำแหน่งเดิม และอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน **ดังนั้น** จุดสว่างที่มองเห็นบนท้องฟ้าจะปรากฏให้เห็นในตำแหน่งเดิม หรือเรียกว่า ตำแหน่งของดวงดาว

2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบ Retroduction (Retroductive reasoning) คือการให้เหตุผลแบบ Abduction ก่อน แล้วจึงลงข้อสรุปหลังจากอนุมานเพิ่ม (ถ้า, และ, แต่, ดังนั้น, เพราะฉะนั้น) ตัวอย่างเช่น ถ้าจุดสว่างบนท้องฟ้าปรากฏให้เห็นในตำแหน่งเดิม บนท้องฟ้า และตำแหน่งดังกล่าวเกิดจากมุมมองที่เปรียบเทียบกับดวงดาวดวงอื่นบนท้องฟ้า ดังนั้น ตำแหน่งของจุดสว่างบนท้องฟ้าจึงไม่เป็นระเบียบแบบแผน แต่ตำแหน่งของจุดสว่างบนท้องฟ้าปรากฏในแนวทางคู่ขนานกับวงโคจรของ ดวงอาทิตย์ เพราะฉะนั้น ตำแหน่งของจุดสว่างบนท้องฟ้าไม่เป็นตำแหน่งที่แน่นอนของดวงดาว

3) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย (Deductive reasoning) คือ การให้เหตุผลที่สามารถทำนายปรากฏการณ์ในอนาคตได้ โดยเป็นกระบวนการคิดจากความรู้ทั่วไปสู่ความรู้ในเรื่องเฉพาะ (ถ้า, และ, ดังนั้น, สนับสนุน) ตัวอย่างเช่น ถ้า จุดสว่างสามจุดเป็นดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดี และสังเกตจุดสว่างดังกล่าวบนท้องฟ้าในเวลากลางคืนเป็นระยะเวลาหนึ่ง **ดังนั้น** บางคืนพบว่าจุดสว่างดังกล่าวอยู่ทางทิศตะวันออกของดาวพฤหัสบดี และบางคืนพบว่าจุดสว่างดังกล่าวอยู่ทางทิศตะวันตกของดาวพฤหัสบดี สนับสนุน จุดสว่างที่ปรากฏมีแนวทางโคจรใกล้เคียงกับดาวพฤหัสบดี

4) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่ถูกใช้ในการสนับสนุนหรือคัดค้านข้อสรุป ที่เกิดจากกระบวนการคิดจากความรู้ที่มีความเฉพาะไปสู่ความรู้ทั่วไป (ถ้า ดังนั้น) ตัวอย่างเช่นถ้า สมมติฐานเกี่ยวกับวงโคจรของดวงจันทร์ สอดคล้องกับผลการสังเกต ที่ว่าบางคืนพบว่าจุดสว่างดังกล่าวอยู่ทางทิศตะวันออกของดาวพฤหัสบดี และบางคืนพบว่าจุดสว่างดังกล่าวอยู่ทางทิศตะวันตกของดาวพฤหัสบดี **ดังนั้น** สมมติฐานมีหลักฐานสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือ

สรุป การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ถ้าแบ่งตามกระบวนการศึกษาเพื่ออธิบาย ข้อสรุปแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ถ้าแบ่งตามจุดประสงค์ของการให้เหตุผลแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ซึ่งการให้เหตุผลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ประเภท คือ การให้เหตุผลแบบนิรนัย และอุปนัย

การให้เหตุผลแบบนิรนัย คือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีกระบวนการหาข้อสรุปที่ใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ มาอธิบายในมุมมองกว้าง ภาพรวมทั่วไป โดยใช้ตรรกะเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปในเรื่องที่เฉพาะเจาะจง

การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้การพิสูจน์โดยอ้างประสบการณ์เฉพาะหน่วยสนับสนุนข้อความทั่วไปที่ยังไม่แน่ใจ แล้วการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงสิ่งหนึ่งสิ่งใดในแนวทางเดียวกัน แล้วสรุปเป็นกฎที่ครอบคลุมเหตุการณ์ทั่วไป

## 2.2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning ability)

ความสามารถ (Ability) เปรียบเสมือนคุณภาพที่เป็นจริงของการดำเนินงานบางอย่างเฉพาะบุคคลที่ผ่านกระบวนการฝึกฝน ซัดเกล้าเพิ่มเติมความสามารถนั้นก็จะเป็นทุนเป็นทักษะที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ และเมื่อเกิดการฝึกฝนทักษะนั้นจนเชี่ยวชาญและชำนาญก็จะเกิดเป็นความสามารถที่มั่นคงและยั่งยืนต่อไป (Mackenzie, 2001)

### 2.2.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning ability) เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษา ค้นคว้า หรือการทดลอง เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา สร้างสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐานที่มีโดยระบุและควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบได้ แล้วจึงนำข้อมูลมาประเมินผลเพื่อสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายที่สมเหตุสมผล (Lawson, 1978) ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อบุคคลนั้นประกอบไปด้วย 4 ทักษะ (Lawson, 1982) คือ

1) การระบุคำอธิบายหรือสมมติฐานที่เป็นไปได้ (Probabilistic thinking) หมายถึงการที่บุคคลสามารถทำนายคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ โดยอาศัยหลักความน่าจะเป็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลและตีความ

2) การระบุและควบคุมตัวแปรในการทดลอง (Control of variables) หมายถึง การที่บุคคลสามารถออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน รวมทั้งสามารถระบุและควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้

3) การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (Proportional thinking) คือการที่บุคคลใช้ระบบความคิดในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหลักฐานและข้อสรุป และ



4) การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation thinking) หมายถึง การที่บุคคลสามารถอธิบายได้ว่าตัวแปรที่มีมากกว่า 2 ตัวขึ้นไปนั้น ตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์หรือไม่มีความสัมพันธ์กัน และรูปแบบความสัมพันธ์นั้นเป็นอย่างไร

กล่าวโดยสรุป ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การแสดงออกของบุคคลที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการฝึกฝนทักษะจนเชี่ยวชาญ จนสามารถแสดงถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปนั้นอย่างสมเหตุสมผล

## 2.2.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือกลุ่มที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะ และกลุ่มที่ใช้เทคนิคการสอนเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

### 2.2.2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

#### 1) รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่ช่วยหาข้อเท็จจริงต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง สามารถวางแผนและกำหนดวิธีค้นหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดได้ด้วยตนเอง (Good, 1973) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของมัลยานิ (Mulyani, 2017) ได้ใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นถึง 69.77%

#### 2) รูปแบบการสอนแบบอนุมานเบื้องต้น

การอนุมานเป็นกระบวนการทำความเข้าใจของบุคคลที่จะนำไปสู่การลงข้อสรุป (Mayer, 2003) และเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการสร้างข้อสรุปและสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Vaughan, 2013) การอนุมานเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific inference) เป็นกระบวนการนำข้อมูล หลักฐานเชิงประจักษ์มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล เพื่อนำไปใช้ในการลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Vaughan, 2013) การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด การแปลความหมายของการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งสามารถนำมาตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผล จากนั้นนำข้อมูลหลักฐานที่ได้มาใช้ในการสร้างคำอธิบายและสร้างข้อสรุปจากสถานการณ์ที่ศึกษา เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้นประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) การสังเกตปัญหา 2) การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ 3) การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย 4) การพยากรณ์ 5) การรวบรวมหลักฐาน 6) การลงข้อสรุป และ 7) การนำเสนอ จะพบว่าองค์ประกอบและขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้นที่จุดเด่นตรงที่สามารถส่งเสริมและฝึกฝนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ จูฟาลักษณ์ ยี่มดี (2556) ที่เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนกับหลังเรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้น ในรายวิชาฟิสิกส์ พบว่าหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้นมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นลอว์สัน (Lawson, 2003) ศึกษาการใช้วงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ที่เน้นให้นักเรียนได้มีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การตอบคำถามเชิงสาเหตุและกำหนดการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับบริบทที่ศึกษา ผลการศึกษาสรุปว่าสามารถพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ที่ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้การตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่ากลุ่มผู้เรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้การตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ สูงกว่าร้อยละ 60

### 3) รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท

รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual-Situated Learning Model: DSLM) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Prof. Hsiao-Ching She สถาบันการศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยแห่งชาติเฉียวตง (Institute of Education, National Chiao Tung University) มีลักษณะเด่นที่สำคัญคือ ผู้เรียนจะต้องเผชิญสถานการณ์การเรียนรู้โดยในแต่ละสถานการณ์จะมีบทบาทหน้าที่ 2 ประการ คือ (1) ในสถานการณ์นั้นจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความไม่สอดคล้องทางปัญญา และ (2) ในสถานการณ์เดียวกันนั้นจะช่วยให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่สามารถช่วยให้เกิดการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ โดยมีขั้นตอนในการสอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน 1) ขั้นตรวจสอบลักษณะของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ขั้นตรวจสอบมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน 3) ขั้นวิเคราะห์ชุดความคิดที่นักเรียนไม่มี 4) ออกแบบ



เหตุการณ์ในสถานการณ์การเรียนรู้แบบสองบทบาท 5) จัดการสอนด้วยสถานการณ์การเรียนรู้แบบสองบทบาท 6) ชั้นจัดการสอนด้วยสถานการณ์ใหม่ที่ท้าทาย เมื่อวิเคราะห์จากลักษณะของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แล้วจะพบว่าในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท ผู้เรียนจำเป็นต้องต้องมีการอธิบาย และคาดคะเนผลการศึกษาอย่างมีเหตุผลตลอดเวลา ซึ่งแสดงว่ากระบวนการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์นั้นมีความสัมพันธ์กับ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ She and Liao (2010) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์ 2 บทบาทรวมกับการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายเวปไซด์ ไวด์ เว็บ (Web-based learning) พบว่าหลังเรียนมีผลคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และงานวิจัยของพงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้สถานการณ์สองบทบาท พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

#### 4) รูปแบบการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based learning: PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ โดยใช้ปัญหาจากบริบทจริงผนวกกับสาระของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ซึ่งการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนฝึกให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง และฝึกการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกัน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาคือเป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องเอาไปใช้จริงในอนาคต ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนจะเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ฝึกทักษะกระบวนการคิด แก้ปัญหาด้วยเหตุผลโดยผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะแสวงหาเอง ดังนั้นจะพบว่าจุดมุ่งหมายในการใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐานในการจัดการเรียนการสอนจะสอดคล้องกับความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ (2558) ที่ศึกษาการพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในรายวิชาเคมี เรื่องสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน หรืองานวิจัยของศิริลักษณ์ วิทยา (2555) ที่พัฒนาชุดกิจกรรมเคมีเรื่องปฏิกิริยาเคมีและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและควมมีเหตุผล และงานวิจัยของสิทธิศักดิ์

จินดาวงษ์ (2555) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิด เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งผลของงานวิจัยที่กล่าวมานั้นพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (มัณฑารุ ธรรมบุญ, 2545; นิรมล ศตวุฒิ, 2547)

#### 5) รูปแบบการสอนแบบโครงงาน

การเรียนรู้วิธีการทำโครงงานเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สามารถพัฒนาส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เต็มศักยภาพ เป็นการเรียนรู้ในสิ่งที่คุณเรียนเกิดความคิดความสงสัยอยากรู้ สนใจ และต้องการหาคำตอบ โครงงานวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของการทดลองและวิจัยวิทยาศาสตร์ เพราะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยกระบวนการวิจัย และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางในการศึกษาและแก้ปัญหา มีการวางแผนที่จะศึกษาภายในขอบเขตของระดับความรู้ เวลา และอุปกรณ์ที่จำกัด และลงมือศึกษา สำรวจ ทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ผลจนได้ข้อสรุป ขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์สามารถสรุปขั้นตอนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การคิดและเลือกหัวเรื่องที่สนใจจะศึกษา 2) การวางแผนในการทำโครงงาน 3) การลงมือทำโครงงาน 4) การเขียนรายงาน และ 5) การแสดงผลงาน เมื่อวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานแล้วพบว่ามียุทธศาสตร์ที่สำคัญในกระบวนการจัดการเรียนรู้ คือ การค้นคว้าหาความรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหายังเป็นระบบเพื่อประเมินค่าข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมมาได้ ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่จะทำให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ ปรีวดี สิงหาเวช (2548) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงขึ้น เมื่อมีการจัดสถานการณ์ที่กระตุ้นให้คิด เพื่อให้เกิดทักษะในด้านการสังเกต การสรุปวิเคราะห์อ้างอิงอย่างสมเหตุสมผล มาเป็นกิจกรรมในการฝึกสร้างกระบวนการคิดแก่ผู้เรียน เพื่อปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและสื่อสารออกมาอย่างเป็นที่ยอมรับได้เป็นอย่างดี

#### 2.2.2.1 เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

### 1) เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มๆ โดยในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่ความสามารถ และมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมอย่างเท่าเทียม กิจกรรมการเรียนรู้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การอภิปราย การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกันและมีความรับผิดชอบร่วมกันจากงานวิจัยของนักวิชาการหลาย ๆ คนสามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ กลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างเป็นทางการ และกลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างไม่เป็นทางการ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุขุม, 2551; Kagan and Kagan, 2009)

### 2) เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนในการกระตุ้นให้เกิดประเด็นในการค้นหาคำตอบ ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้คำถามนี้ ครูจะป้อนคำถามให้นักเรียนตอบ ซึ่งการตอบอาจใช้วิธีพูด การเขียน ฯลฯ และนักเรียนจะตอบเป็นรายบุคคลหรือเป็นรายกลุ่มย่อย หรือตอบทั้งชั้นเรียนก็ได้ ซึ่งผู้สอนจะพิจารณาคำตอบแล้วให้ข้อมูลสะท้อนกลับจนกว่าจะได้คำตอบที่สมบูรณ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2537) การใช้คำถามชั้นสูงเป็นการกระตุ้นให้ผู้ตอบใช้ความคิด โดยมีพื้นฐานความรู้เดิมในการสรุปคำตอบของตนเองอย่างสร้างสรรค์และเกิดทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ตลอดจนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545) คำถามระดับสูงแบ่งได้เป็น 7 ประเภท คือ 1) คำถามให้อธิบาย 2) คำถามเปรียบเทียบ 3) คำถามจำแนกประเภท 4) คำถามให้ยกตัวอย่าง 5) คำถามให้วิเคราะห์ 6) คำถามให้สังเคราะห์ และ 7) คำถามให้ประเมินค่า ดังผลงานวิจัยของอาการ์ต (Agard, 1997) ได้ศึกษาผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียน กลุ่มที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ใช้คำถามระดับต่ำ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ศรีณย์ อัมระนันท์ (2558) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้คำถามระดับสูงมีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

### 3) เทคนิคการโต้แย้ง

การโต้แย้ง คือ การสร้างข้อกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านการ  
สร้างองค์ความรู้ที่ได้รับการยอมรับร่วมกัน โดยอาศัยข้อมูล หรือหลักการ หรือหลักฐานเชิง  
ประจักษ์ที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ร่วมกับการให้เหตุผล เพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและ  
หลักฐานเข้าด้วยกัน โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจและทักษะการมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง  
ทางวิทยาศาสตร์ คือ 1) บุคคลต้องใช้ความรู้หรือโครงสร้างมโนทัศน์ ได้แก่ ทฤษฎีกฎการรวมมโน  
ทัศน์ (Conceptual structure) เข้าด้วยกัน และใช้กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process)  
มาให้เหตุผลเกี่ยวกับประเด็นปัญหาต่าง ๆ 2) บุคคลต้องรู้และใช้กรอบแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎี  
ธรรมชาติและการสร้างองค์ความรู้ของวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น และ  
3) บุคคลต้องมีส่วนร่วมในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางสังคมในรูปแบบการ  
สื่อสาร การอธิบาย การโต้แย้ง และการอภิปรายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการจัดการเรียน  
การสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่เข้าร่วมกับเทคนิคการโต้แย้ง จึงมี  
ความสำคัญในการนำนักเรียนไปสู่จุดประสงค์ที่ต้องการทั้งด้านความรู้ ด้านคุณลักษณะ และด้าน  
ทักษะกระบวนการ รวมไปถึงการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังเช่น  
งานวิจัยของสันติชัย อนุวรชัย (2553) ทำการศึกษาการให้รูปแบบการสอนร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง  
ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียน พบว่า  
หลังการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนมีแสดงถึงความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนปกติ  
เช่นเดียวกับงานวิจัยของนักวิชาการอีกหลาย ๆ ท่านได้ศึกษาผลการใช้วิธีการสอนแบบการสร้าง  
ข้อโต้แย้งที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิด  
เชิงเหตุผลของนักเรียนและพบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงของนักเรียนสูงขึ้นเมื่อใช้เทคนิค  
การโต้แย้ง (วรัญญา จำปามูล, 2555)

### 4) เทคนิคการเรียนรู้อุบัติทางวิทยาศาสตร์ผ่านสื่อการเรียนรู้ดิจิทัล

สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลเชิงโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่  
สนับสนุนการเรียนรู้อุบัติทางวิทยาศาสตร์หนึ่งที่สามารถส่งเสริมการสร้างความเข้าใจในแนวคิดหลักทาง  
วิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่  
คลาดเคลื่อนที่มีต่อแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์มาเป็นแนวความเข้าใจที่สอดคล้องและเป็นไป  
ตามองค์ความรู้ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงมีความจำเป็นที่ต้องการสื่อที่สามารถมองเห็น  
ได้บางอย่างเพื่อให้เกิดการเรียนรู้แนวคิดทฤษฎีที่มีลักษณะเป็นนามธรรมเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพ  
มากขึ้น จึงทำให้สื่อการเรียนรู้ดิจิทัล (Learning object) มีความสำคัญเพิ่มขึ้นในโรงเรียน

เพราะว่าสื่อการเรียนรู้อินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นสื่อในการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนและกระบวนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และยังช่วยให้โอกาสทั้งครูและนักเรียนได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผลมากขึ้น (Akçay, 2006) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของนายสำเร็จ นางสีคุณ ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านสื่อการเรียนรู้อินเทอร์เน็ต เรื่องพันธุกรรม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การบูรณาการผ่านสื่อการเรียนรู้อินเทอร์เน็ตเป็นส่วนหนึ่งของการบูรณาการเรียนรู้อินเทอร์เน็ตเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญอย่างมากในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ครูสามารถใช้กราฟ ข้อความ วีดีโอ เสียง ภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง เป็นสื่อเสมือนจริงให้กับผู้เรียนในกิจกรรมในชั้นเรียน เพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนได้เห็นแง่มุมที่แตกต่างของเนื้อหาและสรุปเนื้อหาความเข้าใจ (Akpınar and Ergin, 2007)

#### 5) การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation)

การโต้แย้งและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งสองประเด็นนี้คล้ายกัน คือ เป็นความพยายามในการยืนยันหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของเหตุผล (Tsui and Treagust, 2010; Yeo and Gilbert, 2014) จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของนักการศึกษาหลายท่าน ได้มีรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน แต่มีความคล้ายคลึงในขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแต่ละขั้นของรูปแบบการสอนนั้น ๆ คือมีเป้าหมายให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์พยานในการลงข้อสรุป และสามารถสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ออกมาให้ผู้รับสาร เข้าใจได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนสามารถพยากรณ์ผลการเปลี่ยนแปลงในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างสมเหตุสมผล โดยเฉพาะการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะผลานการโต้แย้ง (ADI: Argument driven inquiry) มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นพัฒนาองค์ประกอบหลักของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างครบถ้วน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปลักษณะสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ดังตาราง พบว่าลักษณะสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปราย ถกเถียงกันถึงประเด็นในชั้นเรียน ร่วมกับกระบวนการศึกษาแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบข้อสรุปเพื่อใช้ข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุป

นั้นอีกครั้ง ผสานกับเทคนิคการโต้แย้งที่นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน จึงเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกประเมินค่า ความน่าเชื่อถือและน้ำหนักของข้อมูล จึงช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้จริง

ตาราง 1 แสดงลักษณะสำคัญรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

	ลักษณะสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	-นักเรียนได้สร้างสมมติฐาน และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า -นักเรียนได้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบสมมติฐาน (จุฑามาศ นุชิต, 2554)
รูปแบบการสอนแบบอนุমানเบื้องต้น	-นักเรียนได้สังเกตและสร้างสถานการณ์จากปัญหา -ฝึกการตั้งสมมติฐานที่นำไปสู่การรวบรวมข้อมูลและลงข้อสรุป -นักเรียนได้ทำงานแบบร่วมมือ (จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี, 2556)
รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท	-เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม -มีการอธิบายและสร้างข้อสรุปด้วยตนเอง (พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน, 2556)



## ตาราง 1 (ต่อ)

	ลักษณะสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
รูปแบบการสอนที่ใช้อยู่เป็นฐาน	- กระตุ้นให้นักเรียนไต่ถามความรู้ด้วยตนเอง - ฝึกให้นักเรียนเผชิญกับปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาคด้วยตนเอง (นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, 2558)
รูปแบบการสอนโดยใช้โครงงาน	- นักเรียนได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง - นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ปริวิตติ สิงหาเวช, 2548)

โดยสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลจะมีรูปแบบลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายถึงกันใน 2 ส่วนหลัก ๆ ส่วนแรกคือ การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและใช้คำถามในการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด และส่วนที่สอง คือการสนับสนุนให้ผู้เรียนอภิปรายข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกันโดยใช้หลักฐานและเหตุผลในการหาข้อสรุปของเหตุการณ์หรือคำถามนั้น การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จึงโดดเด่นในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องด้วยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันในการสืบเสาะหาความรู้ พิเคราะห์หลักฐานที่ได้จากการสืบค้น ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อลงข้อสรุป และสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวสำหรับการนำเสนอเพื่อแสดงความคิดเห็นต่อข้อโต้แย้งของกลุ่ม ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่ใชรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI: Argument driven inquiry) เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 2.2.3 การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบของ PISA และ TIMSS (สสวท, 2551) เปรียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเทียบเท่ากับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Science competencies) ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ตามนิยามของ PISA โดยอธิบายตามปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบดังนี้ คือ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อคำอธิบายที่สมเหตุสมผลกับประจักษ์พยาน สามารถบรรยายและพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์ และสามารถระบุ และบอกเล่าได้ว่าข้อมูลใดสมเหตุสมผลส่วนการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องมีความรู้ และทักษะ 4 ด้าน คือ 1) รู้การใช้ประจักษ์พยานแสดงความเข้าใจว่ามีข้อมูล หลักฐานรองรับ 2) การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลเชิงประจักษ์ รวมถึงประเมินข้อสรุปที่ถูกสร้างขึ้นว่า คล้อยตามหลักฐานหรือไม่ 3) การสื่อสารข้อสรุปหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้ง โดยสื่อสารออกมาอย่างชัดเจนให้ผู้รับเข้าเข้าใจได้อย่างถูกต้อง และ 4) การแสดงออกว่ามีความเข้าใจในแนวคิด โดยนำแนวคิดนั้น ๆ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และอธิบายถึงความสัมพันธ์และสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง ตลอดจนคาดคะเนผลการเปลี่ยนแปลงจากตัวแปรอื่น ๆ ได้ โดยโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เน้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มากกว่าการประเมินเนื้อหาสาระของวิชา ทำให้การประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใช้การประเมินผลจากการใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับกับการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ 1) การแปลความจากหลักฐานและลงข้อสรุป 2) แสดงเหตุผลที่สนับสนุนหรือคัดค้านเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป 3) นำเสนอข้อสรุปและข้อมูลหลักฐานที่รองรับข้อสรุปนี้ (PISA, 2003) ทั้งนี้ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมิน โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท คือ

- 1) ข้อสอบประเภทอัตนัย ที่ใช้การอธิบายเป็นคำถามที่เป็นสถานการณ์ที่ประกอบด้วยชุดคำถามให้เขียนตอบอธิบาย
- 2) ข้อสอบประเภทปรนัย ที่มีตัวเลือกถูกผิด เป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ มีรูปแบบสถานการณ์เป็นข้อความ ตาราง หรือกราฟ โดยเลือกใช้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ลอว์สัน (Lawson, 1995) ได้เสนอแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน ซึ่งแบบวัดแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้



ตอนที่ 1 คำถามเชิงเนื้อหาที่ใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จัดเป็นสถานการณ์หรือรูปภาพประกอบ เพื่อให้วิเคราะห์ประเด็น คาคณะเนคำ พยากรณ์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากประเด็นที่กำหนดให้โดยข้อสอบตอนนี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทเลือกตอบ และข้อสอบเขียนตอบ

ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบในตอนต้นที่ 1 โดยในแต่ละข้อคำถามมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนที่พิจารณาจากคำตอบในแต่ละข้อซึ่งครูจะพิจารณาจากความสมเหตุสมผลและสามารถให้คะแนนได้ถูกต้อง

นอกจากนี้ Norris (Norris, 1988) กล่าวว่า การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลด้วยการเขียนอธิบายข้อความเพื่อแสดงความคิดเห็นสามารถอ้างถึงเหตุผลได้ดีกว่า การทดสอบด้วยการเลือกตอบ เพราะการที่ผู้เรียนได้เขียนอธิบายจะเป็นการเปิดกว้างให้ผู้เรียนได้แสดงเหตุผลหรือความคิดอย่างเต็มที่อีกด้วย

กล่าวโดยสรุป แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นรูปแบบการประเมินความสามารถในการแสดงความสามารถในการให้เหตุผล จากตัวชี้วัด 2 ด้าน คือด้านที่ 1 ด้านคุณภาพของเหตุผล และรูปแบบของเหตุผลที่แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน และด้านที่ 2 ด้านปริมาณที่วัดจากจำนวนของเหตุผลโต้แย้ง และเหตุผลที่สนับสนุนข้อสรุปนั้น ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้การประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่จะเน้นการเขียนอธิบายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาจากสถานการณ์ แล้วหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อมาสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยแสดงความเชื่อมโยงถึงความสัมพันธ์ของข้อสรุปและหลักฐานเชิงประจักษ์จนเกิดเป็นการลงข้อสรุปของตนเอง

## 2.3 รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI: Argument driven inquiry)

### 2.3.1 ความเป็นมาของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง Argument-Driven inquiry : ADI ( Sampson, Grooms, & Walker, 2009; Sampson, & Gleim, 2009) มีจุดเริ่มต้นจากนักวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา 5 ท่าน ได้แก่ Walker และ Zimmerman จาก Tallahassee Community College และ Sampson Grooms และ Anderson จาก The Florida State University ที่มีความสนใจที่จะนำเอาการโต้แย้งมาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้กิจกรรมในห้องปฏิบัติการมีความถูกต้องและเป็นประโยชน์มากขึ้นสำหรับนักเรียน ในปี ค.ศ. 2005 ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบดังกล่าวและทดลองใช้กับนักศึกษา

ระดับปริญญาตรีในการทดลองที่มีชื่อว่า “Argument Driven Inquiry” เป็นรูปแบบการเรียนการสอนสำหรับใช้ในวิชาปฏิบัติการเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาตรี” (Walker, 2010) ต่อมาได้มีรายงานการปฏิบัติการแห่งสหรัฐอเมริกา ตรวจสอบโรงเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง (America’s Lab Report: Investigations in High School Science) ซึ่งสภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council: NRC) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทำปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาทักษะและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) การทำกิจกรรมการปฏิบัติการจะต้องมีการสืบเสาะเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและความเข้าใจในความน่าสงสัยและความซับซ้อนของการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนต้องได้รับโอกาสในการอ่าน การเขียน และการมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับงานที่ได้ทำ 3) ต้องมีกระบวนการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างหรือวิจารณ์ข้อโต้แย้งโดยการใช้คำอธิบายที่มีเหตุผลสนับสนุนอย่างน้อย 1 เหตุผล และวิเคราะห์หรือประเมินผลการเรียนเป็นลำดับ จึงเป็นสาเหตุให้นักการศึกษาชาวสหรัฐอเมริกาได้สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่าการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI) ขึ้นมา และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน โดยมีลักษณะที่เปลี่ยนจากการทำกิจกรรมแบบเดิม คือนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปบูรณาการในรายวิชาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นฟิสิกส์ เคมี หรือชีววิทยา ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง มีการเขียนรายงานผลการสืบเสาะเพื่อสื่อสารความคิดร่วมกับผู้อื่น ดังนั้นในระหว่างทำกิจกรรมผู้เรียนจะได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่นอีกด้วย (Sampson, 2009) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถือว่าเป็นที่น่าพึงพอใจ เนื่องจากสามารถพัฒนารัฐวิทยาศาสตร์ตามแนว PISA จนกระทั่งได้รับการยอมรับและได้ตีพิมพ์ออกมาเพื่อใช้เป็นคู่มือครูในปัจจุบัน ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (NRC, 1999) และการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งของนักเรียนที่ถกเถียงกันในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Berland and Reiser, 2009; McNeill and Krajcik, 2008; Erduran and Jimenez, 2008; Osborne et al., 2004; Sampson and Clark, 2008)

### 2.3.2 หลักการ/แนวคิดของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานที่จะนำเสนอต่อไปนี้เป็นทฤษฎีสรคินิยม (Constructivism) และแนวคิดโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ หรือการสร้างองค์โดยกระบวนการทางสังคม (Social constructivism) ซึ่งเป็นทฤษฎีและแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการสนับสนุนรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ทฤษฎีสรคินิยมมีความเชื่อว่าบุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากพื้นฐานของความรู้เดิม (Brandon et al., 2010) โดยรากฐานสำคัญของการพัฒนาทฤษฎีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ คือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ที่กล่าวถึง การเรียนรู้ว่าบุคคลจะพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็น มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) ที่เกิดขึ้นในสมองของผู้เรียนจากความสัมพันธ์ของประสาทสัมผัสของผู้เรียนกับโลกภายนอกและเกิดกระบวนการดูดซึม (Assimilation) โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลคงเดิมและมั่นคงยิ่งขึ้นหากการใช้ความรู้เดิมของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้อง แต่หากการคาดคะเนไม่ถูกต้อง ผู้เรียนจะสงสัย คับข้องใจ และผ่านกระบวนการปรับให้เหมาะสม (Accommodation) ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตนเอง (ศศิธร วิทยะสิรินันท์ และคณะ, 2544) ซึ่งทฤษฎีสรคินิยมนี้ไม่มีแนวปฏิบัติหรือวิธีการสอนอย่างเฉพาะเจาะจง การนำทฤษฎีสรคินิยมมาประยุกต์เพื่อใช้จัดการเรียนการสอนจึงมีนักจิตวิทยาการศึกษาและการเรียนรู้และนักการศึกษาได้นำเสนอแนวคิดไว้อย่างแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งออกได้ 3 แนวคิด คือ 1) แนวคิดแรดคอลลคอนสตรัคติวิสต์ (Radical constructivist) คือการเน้นสร้างความรู้เกิดในระดับปัจเจก 2) แนวคิดโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social constructivist) เน้นการสร้างความรู้ของบุคคลที่เกิดจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และ 3) แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์แบบการประมวลผลข้อมูลข่าวสาร (Information Processing constructivist) ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอกกับความตั้งใจของบุคคลในการสร้างความรู้ (McInerney and McInerney, 2002)

แนวคิดโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ มีพื้นฐานความเชื่อว่าความรู้คือสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเองได้ แต่เกิดจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (Crowl et al., 1997, p. 69) มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ทั้งสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ดังนั้นพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคลจะได้รับอิทธิพลจากสิ่งเหล่านี้โดยตรงและผ่านการมีปฏิสัมพันธ์และระบบของภาษา ดังนั้นการที่นักเรียนจะสามารถสร้างความรู้ได้นั้นเกิดจากการแลกเปลี่ยน

ประสบการณ์การเรียนรู้ระหว่างบุคคล และในการส่งเสริมพัฒนาการของเด็กนั้นต้องคำนึงถึง “Zone of Proximal Development” เป็นระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนา ซึ่งการจะส่งเสริมให้เด็กเข้าสู่ระดับที่มีศักยภาพในการพัฒนานั้น ผู้ใหญ่จำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ส่งเสริมและสนับสนุน (สุรางค์ ไควตระกูล, 2544, น. 61)

ดังนั้นการส่งเสริมการเรียนรู้ตามทฤษฎีและแนวคิดดังกล่าวนี้ การจัดการเรียนการสอนจะต้องเน้นบริบทที่เป็นจริงในสังคม การเรียนแบบองค์รวม การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเรียนรู้ร่วมกัน สร้างสังคมแห่งการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับภาษาด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เน้นความสำคัญของสังคม วัฒนธรรมและภาษา

### 2.3.3 จุดมุ่งหมายและลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument driven inquiry: ADI) เป็นรูปแบบที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยนักเรียนในการพัฒนานิสัยพื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ญาณด้วยการเน้นย้ำบทบาทของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างและการตรวจสอบความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ (Driver et al., 2000; Duschl and Osborne, 2002; Sampson and Clark, 2006; Toulmin, 1958) โดยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในบทบาทของการถกเถียงกันในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เพราะเชื่อว่าการโต้แย้งมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เปรียบเสมือนหัวใจสำคัญของกระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และช่วยพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Duschl and Osborne, 2002; Osborne, 2010) ฉะนั้นลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แบ่งได้ 4 ประเด็น คือ

- 1) การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เป็นกระบวนการเรียนรู้หลักที่ใช้ในรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมุ่งเน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสในพัฒนาทักษะการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ฝึกฝนให้มีลักษณะนิสัยการทำงานอย่างเป็นระบบ เช่นการสังเกต การทดสอบ การวางแผนการทำงานที่เป็นขั้นเป็นตอน ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจและตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล เรียนรู้การใช้เครื่องมือ และเรียนรู้วิธีการจัดการกับความคลุมเครือตลอดจนหาหลักฐานเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง

2) การโต้แย้ง (Argumentation) คือ ลักษณะสำคัญในรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเน้นความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เช่นความพยายามที่จะสร้างหรือยืนยันข้อมูลโดยอิงตามเหตุผลที่อ้างด้วยหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ซึ่งในการโต้แย้งนี้จะทำให้นักเรียนมีความคิดที่หลากหลาย และมองเหตุผลในมุมที่กว้างขึ้นทำให้สามารถประเมินแนวคิดและจัดข้อสันนิษฐานต่าง ๆ เพราะได้มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิด ข้อมูล ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่แตกต่างจากคนอื่นหรือเพื่อพิจารณาว่าข้อกล่าวอ้างใดถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด หรือเพื่ออ้างถึงข้อกล่าวอ้างใหม่เพื่อให้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ

3) การร่วมมือ (Coordinate) คือ เทคนิคเสริมที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เนื่องจากในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ จะมีการทำงานที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่มและผู้อื่นด้วยตลอดเวลา มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น มีการร่วมมือในการแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน ตลอดจนมีส่วนร่วมในการประเมินและตรวจสอบข้อมูลรายงานของทุก ๆ คนในชั้นเรียน ดังนั้นเรียกได้ว่าการร่วมมือเป็นตัวประสานการทำงานในทุก ๆ ขั้นตอนของรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

4) การสื่อสาร (Communication) คือ การทำความเข้าใจสิ่งที่ได้เรียนรู้แล้วถ่ายทอดสู่ผู้อื่นให้เข้าใจในแนวคิด โน้มน้าวและสร้างความน่าเชื่อถือด้วยเหตุและผลที่สมควร โดยสื่อสารออกมาทั้งในรูปของภาษาพูด และภาษาเขียน เพื่อให้สามารถเผยแพร่ข้อมูลและแนวคิดนั้นออกไปได้

ดังนั้นลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจึงอยู่ที่กระบวนการสอนที่เน้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในสร้างข้อโต้แย้งที่สนับสนุนคำอธิบายสำหรับคำถามหรือปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะรวบรวม หาหลักฐานและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อสารและให้เหตุผลกับผู้อื่นในช่วงการอภิปรายเชิงโต้ตอบ เขียนรายงานการตรวจสอบเพื่อแบ่งปันและจัดทำเอกสารรายงานและมีส่วนร่วมในการทบทวนข้อมูลทั้งหมดเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง

#### 2.3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

จากการศึกษาประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งถึงยุคปัจจุบัน พบว่าได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นตั้งแต่ปี 2009 ของแซมสันและคณะ มีขั้นตอนในการสอนทั้งหมด 8 ขั้นตอน คือ



1) ขั้นระบุภาระงาน 2) ขั้นสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3) ขั้นผลของข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นการโต้แย้ง 5) ขั้นเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 6) ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน 7) ขั้นการแก้ไขรายงาน และ 8) ขั้นการอภิปรายและสะท้อนกลับอย่างชัดเจน (Sampson, 2009) หลังจากนั้นในปี 2011 ได้มีการปรับขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนเหลือ 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุภาระงาน 2) ขั้นสร้างข้อมูล 3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นการโต้แย้ง 5) ขั้นเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 6) ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน และ 7) ขั้นการแก้ไขรายงานการสืบเสาะหาความรู้ (Sampson et al., 2011) และหลังจากนั้นในปี ค.ศ. 2014 ได้ปรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งอีกครั้งเป็น 8 ขั้นตอน แต่มีการปรับลำดับของขั้นตอนใหม่ดังนี้ 1) ขั้นระบุภาระงานและใช้คำถามนำ 2) ขั้นการออกแบบวิธีการและการรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง 5) ขั้นสนทนาอย่างเปิดเผยและสะท้อนกลับ 6) ขั้นการเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 7) ขั้นการตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน และ 8) ขั้นการปรับปรุงแก้ไขและส่งรายงาน (Sampson et al., 2014)

ในงานวิจัยนี้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 8 ขั้นตอน มีความเหมาะสมกับลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอนอยู่ จึงเลือกใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) 8 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (Walker et al., 2011, p. 1049; Walker et al., 2012, pp. 82-84; Walker and Sampson, 2013, p. 1269)

ขั้นที่ 1 การระบุภาระงาน (Identification of the task) คือ การนำเข้าสู่ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด โดยครูต้องสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้อุ้เดิมกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา และเมื่อได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีแล้วเราจะให้คำแนะนำสั้น ๆ เกี่ยวกับปัญหาในการแก้ปัญหาหรืองานที่ต้องทำเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จและการค้นคว้าได้ จากนั้นจึงนำสู่การระบุภาระงานให้นักเรียนพร้อมกำหนดและชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนต้องทำ ซึ่งในขั้นตอนนี้เป้าหมายของครู คือการแนะนำหัวข้อหลักที่จะศึกษาและเพื่อเริ่มการตรวจสอบ คล้ายกับรูปแบบการเรียนการสอนอื่น ๆ เช่น การเขียนวิทยาศาสตร์ Heuristic หรือ วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ดังนั้นครูจึงควรมีคู่มือ (handout) เพื่อแนะนำการดำเนินกิจกรรม ให้นักเรียนมีแนวทางในการทำกิจกรรมต่อไป

ขั้นที่ 2 การสรรสร้างและการวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and analysis of data) คือ การทำงานที่เน้นการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการกลุ่มที่มีสมาชิกภายในกลุ่มประมาณ 3-4 คนเพื่อเป็นการพัฒนาให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงาน รวบรวมจัดกระทำ

วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ซึ่งความตั้งใจของขั้นตอนนี้คือการให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและเรียนรู้วิธีการจัดการกับความคลุมเครือของงานเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ นักเรียนยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับผู้อื่นอีกด้วย

ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of a tentative argument) คือการให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ตนได้รวบรวมมา ประกอบด้วยการอ้างหลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้ เพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์แล้วเขียนลงในกระดาษ โดยข้อโต้แย้งชั่วคราวนี้คือคำอธิบายที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (The claim) เป็นสาเหตุหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) หลักฐาน (Evidence) คือข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงว่าเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังนั้นข้อโต้แย้งดังกล่าวเป็นข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งขั้นตอนนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อเน้นความสำคัญของข้อคิดเห็นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ต้องสามารถให้คำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบสำหรับคำถามการวิจัยที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและเหตุผลเพียงพอ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นกฎเกณฑ์ตายตัว สามารถพิสูจน์ได้ อีกทั้งยังรวมถึงการช่วยนักเรียนในการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นการโต้แย้งที่สำคัญในด้านวิทยาศาสตร์และวิธีการตรวจสอบว่าหลักฐานที่มีอยู่มีผลเกี่ยวข้องหรือไม่ และมีเหตุผลเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่ ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอ้างสิทธิ์และหลักฐานที่มองเห็นซึ่งกันและกัน ทำให้ประเมินแนวคิดและจัดข้อสันนิษฐานหรือข้อสรุปที่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบกับกลุ่มอื่น ๆ และมีการโต้แย้งวิจารณ์ผลงานของผู้อื่นเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด หรือเพื่อเสนอข้อกล่าวอ้างใหม่ที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด ในส่วนของขั้นตอนนี้จะมุ่งเน้นถึงข้อสรุปปลายทางว่ามีความสัมพันธ์กันในระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐานหรือตัวแปรต่าง ๆ ถูกรองรับด้วยเหตุผลที่สนับสนุนกัน ซึ่งจะมี 4 ขั้นตอนย่อยในกระบวนการ ได้แก่ (1) ครูกำหนดประเด็นการโต้แย้ง (2) ครูนิยามคำสำคัญของการโต้แย้ง (3) นักเรียนแต่ละกลุ่ม



นำเสนอข้อโต้แย้ง และ (4) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอ กล่าวอีกนัยหนึ่งการอภิปรายได้รับการออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสได้เรียนรู้วิธีการแบ่งปันและวิจารณ์แนวคิดหรือข้อสรุปหรือคำอธิบายต่าง ๆ จากการสอบถามแลกเปลี่ยนองค์ความรู้กัน ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้มากขึ้นเมื่อพวกเขาสัมผัสกับความคิดของผู้อื่นตอบคำถามและความท้าทายของเพื่อนร่วมชั้นของพวกเขาให้ชัดเจนยิ่งขึ้นสำหรับความเห็นของพวกเขาและประเมินคุณค่าของแนวคิดจากการโต้แย้ง ผนวกกับยังให้โอกาสครูในการประเมินความก้าวหน้าหรือความคิดของนักเรียนและเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงปัญหาที่อาจมองข้ามหรือละเลยไป ดังนั้นเป้าหมายที่สำคัญของขั้นตอนนี้คือ การที่นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกัน ถึงข้อมูลในมุมมองของตนเอง

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Write up investigation report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล สาเหตุที่ต้องการให้นักเรียนเขียน เพราะการเขียนเป็นส่วนสำคัญในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักวิทยาศาสตร์จะต้องแบ่งปันผลการวิจัยของพวกเขาโดยเผยแพร่บทความในวารสาร ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถอ่านและทำความเข้าใจกับการเขียนของผู้อื่นรวมทั้งประเมินคุณค่าได้ บวกกับการเขียนช่วยกระตุ้นให้เกิดการรับรู้ความเข้าใจ ดังนั้นโอกาสในการเขียนจึงสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้และเก็บรักษาเนื้อหาได้ดี ซึ่งลักษณะของข้อความทางวิทยาศาสตร์ในรายงานนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคำนึงถึงสิ่งที่พวกเขารู้จัก การนำมาซึ่งการรู้ได้อย่างไร และเหตุผลของที่มาของตัวเลือก เปรียบเสมือนการสร้างรายงานที่ตอบคำถามบนพื้นฐานสามข้อ คือ 1) คุณกำลังพยายามจะทำอะไรและทำไม? 2) คุณทำงานอย่างไรและทำไมคุณถึงต้องตรวจสอบด้วยวิธีนี้ และ 3) ข้อโต้แย้งของคุณคืออะไร? คำตอบสำหรับคำถามเหล่านี้จะถูกเขียนเป็น"รายงานการตรวจสอบรายบุคคล" ที่นักเรียนรวบรวมและวิเคราะห์ในขั้นตอนที่สองของรูปแบบ โดยผ่านการจัดระเบียบข้อมูลเหล่านี้ลงในตารางหรือกราฟที่สามารถสืบข้อมูลออกมาได้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงผู้อื่นและช่วยให้เข้าใจถึงความสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind peer review) คือ การทบทวนทบทวนรายงานเหล่านี้เพื่อให้แน่ใจว่ารายงานมีคุณภาพ ซึ่งจะใช้เกณฑ์การประเมินที่กำหนดและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) โดยที่ครูเป็นผู้รวบรวมรายงานแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่มพร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน (Peer review sheet) ซึ่งประกอบด้วยแบบประเมินและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงาน โดยที่เกณฑ์การ

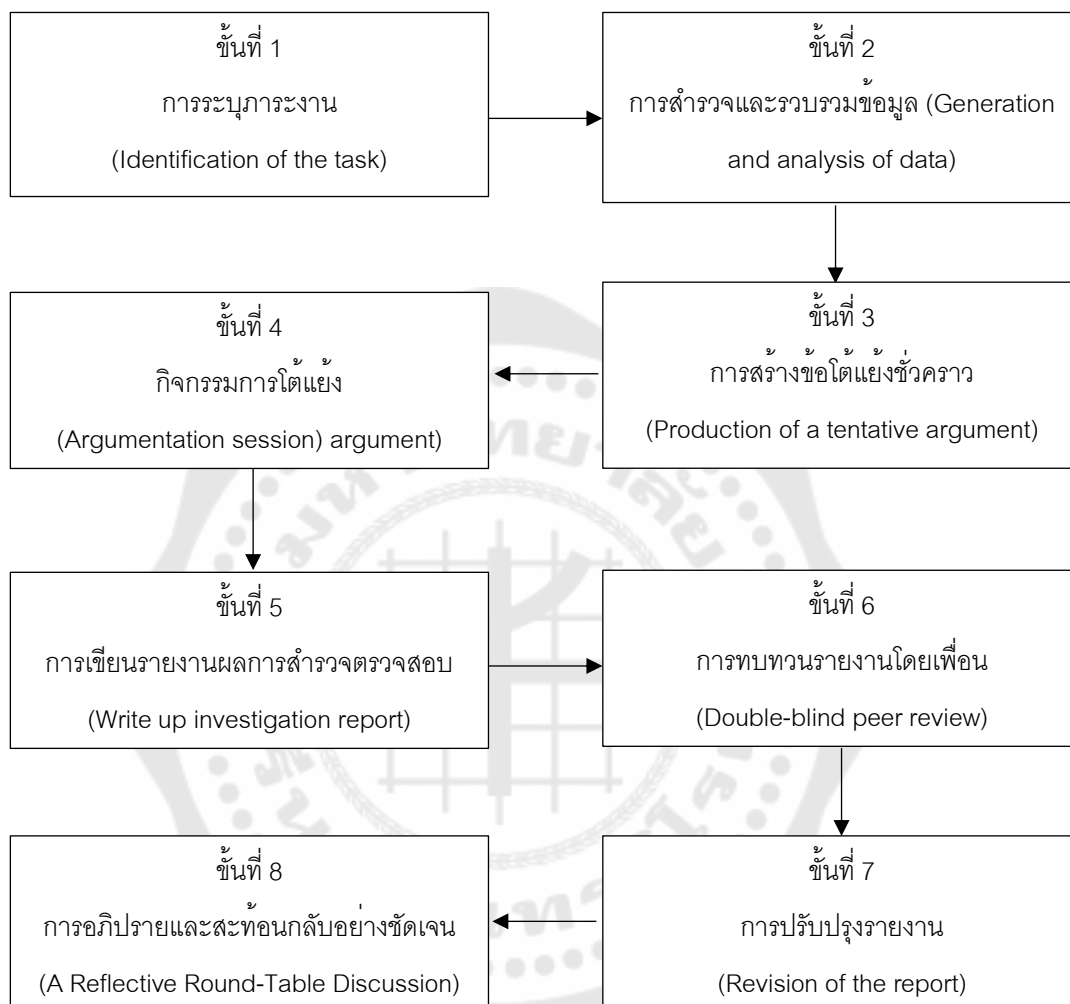
ตรวจสอบจะเป็นกรอบคำถามให้ผู้ประเมินได้วิเคราะห์ เช่น ผู้เขียนให้คำอธิบายอย่างเพียงพอในวิธีการของพวกเขาหรือไม่ ผู้เขียนใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนหรือไม่ เหตุผลของผู้เขียนมีความเหมาะสมและเหมาะสมหรือไม่? เป็นต้น จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมติเพื่อประเมินรายงานที่ได้รับแจก นอกจากนี้ความสำคัญของขั้นตอนนี้ยังทำให้นักเรียนมีโอกาสเห็นทั้งตัวอย่างที่แข็งแกร่งและอ่อนแอของรายงานที่เขียนขึ้นเกี่ยวกับหัวข้อเดียวกันและขึ้นอยู่กับความต้องการเดียวกัน โดยรวมแล้วเจตนาของขั้นตอนนี้ ของโมเดลคือการช่วยให้นักเรียนปรับปรุงความสามารถในการเขียนในด้านวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในสิ่งที่ถือว่าถูกต้องหรือยอมรับได้ ดังนั้นขั้นตอนนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีการพัฒนาและใช้มาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับ "ข้อมูลที่มีคุณภาพ" ในการวิเคราะห์และประเมินผลต่อไป

ขั้นที่ 7 การปรับปรุงรายงาน (Revision of the report) คือ การให้นักเรียนแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนและครู หลังจากรายงานได้ผ่านการตรวจถึง 2 ครั้ง คือ จากเพื่อนและครูคืนกลับมาให้ผู้เรียน เพื่อให้ให้นักเรียนได้ทบทวนทบทวนและปรับปรุงรายงานใหม่ตามคำแนะนำหรือการตอบกลับของเพื่อน โดยนักเรียนอาจส่งรายงานตามเดิมหรือแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนก็ได้ หลังจากนั้นผู้สอนจะรวบรวมรายงานที่ปรับปรุงใหม่พร้อมกับสำเนาคำแนะนำของเพื่อนเพื่อดำเนินการทำคะแนนต่อไป ซึ่งวิธีนี้มีวัตถุประสงค์หลักสร้างกลไกสำหรับนักเรียนในการปรับปรุงการเขียน การให้เหตุผลและความเข้าใจในเนื้อหาในด้านวิทยาศาสตร์ของตน และให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเขียน เช่น การออกแบบ การประเมินผลการแก้ไขและการตีพิมพ์ต้นฉบับ ในบริบทของวิทยาศาสตร์อีกด้วย

ขั้นที่ 8 การอภิปรายและสะท้อนกลับอย่างชัดเจน (A Reflective Round-Table Discussion) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบวิธีการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสถานการณ์ของชั้นเรียน รวมไปถึงการประเมินผลของข้อสรุปและหลักฐานที่ปรากฏเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นร่วมกัน โดยครูสามารถถามคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาและหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ในชั้นเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่าง ๆ และพัฒนาความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจแนวคิดที่สำคัญ สร้างและอธิบายคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นคำอธิบายที่มีหลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสมและวิจารณ์ความถูกต้องในมุมมองทางเลือกที่หลากหลายได้



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

### 2.3.5 บทบาทครู และบทบาทผู้เรียน

การเรียนการสอนในรูปแบบของการสืบเสาะหาแบบโต้แย้งในชั้นเรียนจะแตกต่างจากการเรียนการสอนแบบเดิม โดยครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นเพียงผู้อำนวยการควบคุมในการส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาคำตอบด้วยกระบวนการของตนเอง และไม่มีการให้คำแนะนำอย่างชัดเจน ซึ่งกระบวนการที่ครูใช้จะเน้นไปที่การใช้คำถามปลายเปิดที่ไม่เน้นคำตอบ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดถึงปัญหาหรือข้อมูลที่อาจถูกมองข้ามไป สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้และความ

เข้าใจทางบริบทของสถานการณ์ได้ดีขึ้น เรียกได้ว่าเป็นความท้าทายสำหรับทั้งครูและนักเรียนเช่นกัน

จากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้สืบเสาะแบบโต้แย้ง สามารถจำแนกบทบาทในการเรียนการสอนของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

ตาราง 2 กรอบการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
1. การระบุภาระงาน	การนำเขาสู่ภาระงานที่ต้องการให้ปฏิบัติเพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด	(1) กำหนดและนำเสนอสถานการณ์หรือประเด็นปัญหา (2) กระตุ้นความสนใจโดยใช้คำถามเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์จนเกิดข้อสงสัย นำไปสู่การระบุภาระงาน (3) ทบทวนประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่ศึกษา (4) กำหนดประเด็นการโต้แย้ง (5) จัดกลุ่มนักเรียน	(1) ศึกษาสถานการณ์หรือประเด็นปัญหาที่ครูนำเสนอ (2) ตอบคำถามที่แสดงถึงการวิเคราะห์สถานการณ์และเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา (3) ระบุภาระงานและวัตถุประสงค์ของการสำรวจตรวจสอบ	-การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) -การร่วมมือ (Coordinate)

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอน การเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
2. การ สร้างและ การ วิเคราะห์ ข้อมูล	นักเรียนรวมกัน ออกแบบและ ดำเนินการตรวจสอบ ข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูล และเรียนรู้การจัดการ กับความคลุมเครือ ของงานเชิงประจักษ์	(1) ให้คำแนะนำ นักเรียนในการ ออกแบบวิธีการ ตรวจสอบ (2) ให้คำแนะนำ นักเรียนในระหว่าง การสำรวจ ตรวจสอบ (3) ใช้คำถาม กระตุ้นให้นักเรียน คิดพิจารณาข้อมูล อย่างมีเหตุผล (4) แนะนำการ เขียนสรุปผลการ สำรวจ ตรวจสอบ เป็นคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	(1) ออกแบบวิธีการ สำรวจตรวจสอบ (2) ลงมือปฏิบัติ กิจกรรม การสำรวจ ตรวจสอบ เก็บ รวบรวมข้อมูล จด บันทึก จัดกระทำ และวิเคราะห์ข้อมูล (3) เขียนสรุปผลการ สำรวจ ตรวจสอบ เป็นคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	-การสืบเสาะ หาความรู้ (Inquiry) -การร่วมมือ (Coordinate)

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
3. การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว	นักเรียนร่วมกันสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รวบรวมมาประกอบด้วยกรอ้างอิงหลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้	(1) ให้คำแนะนำในการสร้างข้อโต้แย้ง (2) กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ประสบการณ์พื้นฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนข้อสรุปเบื้องต้นอย่างมีเหตุผล	(1) สร้างข้อโต้แย้งอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ (2) เขียนข้อโต้แย้งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลที่สนับสนุนข้อสรุปเบื้องต้น (3) อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordinate) - การสื่อสาร (Communication)

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอน การเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
4. กิจกรรม การ โต้แย้ง	การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้ง ห้องเรียน โดยที่นักเรียน แต่ละกลุ่มนำเสนอ แนวคิดของปรากฏการณ์ ที่สำรวจตรวจสอบกับ กลุ่มอื่นๆและมีการโต้แย้ง วิจารณ์ผลงานของผู้อื่น เพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้าง ที่ถูกต้องและยอมรับได้ มากที่สุด	(1) ชี้แจงขั้นตอน การโต้แย้ง นิยาม คำสำคัญให้เข้าใจ ตรงกัน และ กำหนดเวลา การ นำเสนอและ อภิปรายข้อโต้แย้ง (2) ดูแลชั้นเรียน ในการนำเสนอ และอภิปรายข้อ โต้แย้ง (3) กระตุ้นให้ นักเรียนแสดง ความคิดเห็นและ อภิปรายข้อโต้แย้ง อย่างมีเหตุผล (4) กล่าวคำ ชมเชยนักเรียนที่มี ส่วนร่วมใน กิจกรรมการ โต้แย้ง	(1) นำเสนอ ผลการสำรวจ ตรวจสอบ และข้อโต้แย้ง ของกลุ่มต่อ เพื่อนร่วมชั้น เรียน (2) แสดง ความคิดเห็น และรวม อภิปรายข้อ โต้แย้งของ กลุ่มอื่นอย่าง มีเหตุผล (3) นำแนวคิด จากการเขียน รายงานผล การสำรวจ ตรวจสอบ	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordinate) - การสื่อสาร (Communication)



ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการ เรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
5. การเขียน รายงานผล การสำรวจ ตรวจสอบ	นักเรียนเขียน รายงานผลการ สำรวจ ตรวจสอบเป็น รายบุคคล	(1) ชี้แจงแนวทาง การเขียนรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบ (2) แนะนำการ เขียนรายงานผล การสำรวจ ตรวจสอบให้แก่ นักเรียน	(1) เขียนรายงานผล การสำรวจ ตรวจสอบที่แสดง จุดประสงค์ วิธีการ สำรวจ ตรวจสอบ และคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ของ ปรากฏการณ์ที่ ศึกษา	- การสืบเสาะหา ความรู้ (Inquiry) - การโต้แย้ง (Argumentation) - การสื่อสาร (Communication)
6. การ ทบทวน รายงานโดย เพื่อน	ครูรวบรวม รายงานแล้ว แจกกลับแบบ สุ่มให้เพื่อน ประเมินเพื่อการ ตรวจคุณภาพ ของรายงานโดย เพื่อนอีกครั้ง	(1) กำหนดเกณฑ์ การประเมิน รายงานผลการ สำรวจตรวจสอบ (2) อำนวยความสะดวก ในการ ปฏิบัติกิจกรรม เช่น จัดทำใบ ประเมินรายงาน จัดทำเกณฑ์การ ประเมินรายงาน เป็นต้น	(1) ประเมินรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบรายบุคคล ตามเกณฑ์การ ประเมิน (2) นำแนวทางการ เขียนรายงานตาม เกณฑ์การประเมิน มาปรับปรุงรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบของ ตนเอง	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordinate) - การสื่อสาร (Communication)

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
7.การปรับปรุงรายงาน	นักเรียนแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจ ตรวจสอบด้วยตนเอง จากผล การประเมินที่ได้ จากกิจกรรม การตรวจสอบ โดยเพื่อนและ ครู	(1) ตรวจสอบ และแนะนำการ แก้ไขรายงาน ผลการ ตรวจสอบ (2) แก้ไขมโนทัศน์ที่ไม่ ถูกต้องของ นักเรียน	(1) แก้ไขและ ปรับปรุงรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบ	- การสืบเสาะหา ความรู้ (Inquiry) - การสื่อสาร (Communication)
ขั้นที่ 8) การอภิปรายและสะท้อนกลับ อย่างชัดเจน (A Reflective Round-Table Discussion)	นักเรียนและครู ร่วมกันอภิปราย ถึงกระบวนการ ที่เกิดขึ้นในชั้น เรียน เพื่อ สะท้อนแนวคิด และวิธีการต่างๆ ในการลง ข้อสรุปร่วมกัน	(1) ครูนำเข้าสู่ การอภิปราย เพื่อสะท้อนการ เรียนรู้และให้ เกิดความ กระจ่างชัดแก่ นักเรียน เกี่ยวกับการ สำรวจ ตรวจสอบ	(1) นักเรียนร่วม อภิปรายกับครูถึง ผลงานในชั้น เรียน ตลอดจน ชักถามประเด็น ปัญหาที่มีข้อ สงสัยเพื่อให้เกิด ความกระจ่างชัด ในข้อมูล	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordinate) - การสื่อสาร (Communication)

รูปแบบการเรียนการสอนการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ออกแบบมา เพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียน ที่มี จุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรูปแบบการจัดการ

เรียนการสอนแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนนี้จึงสามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจสาระสำคัญของบทเรียน และพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในทุก ๆ ด้าน อีกทั้งในระหว่างการจัดกระบวนการเรียนการสอนในทุก ๆ ขั้นตอนแสดงให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมในกิจกรรมดังกล่าวสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะในการคิดวิเคราะห์ ทักษะในการสื่อสารที่เหมาะสมจนเกิดเป็นความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Sampson, 2009)

## 2.4 คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ไฟฟ้าเคมี เป็นหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีสาระสำคัญหลัก 4 เรื่อง คือ 1) ปฏิกิริยารีดอกซ์ 2) เซลล์กัลวานิก 3) เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และ 4) ก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยมีคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ดังตารางที่ 3 และมีการจัดโครงสร้างเนื้อหา ดังตารางที่ 3 (โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี, 2559)

ตาราง 3 คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

คำอธิบายรายวิชา	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
<p>ศึกษาและทดลองการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน ศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดซ์ เขียนและการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยา ศึกษาเซลล์ไฟฟ้าเคมี ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับหลักการเซลล์กัลวานิก ศึกษาการเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิก การหาค่าศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ปฏิกิริยาในเซลล์กัลวานิกประเภทเซลล์ปฐมภูมิ และทุติยภูมิ ทดลองศึกษาหลักการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้าตามหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติก ศึกษาการแยกสารที่หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า ศึกษาและทดลองชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า ศึกษาวิธีการทำโลหะให้บริสุทธิ์ ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการผูกרוןและการป้องกัน การผูกרוןของโลหะ ศึกษาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีและปฏิกิริยาเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้ และหลักการไปใช้ประโยชน์ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน มีความสามารถใน</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์</li> <li>2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์</li> <li>3. ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์</li> <li>4. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา</li> <li>5. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์</li> <li>6. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ชั่วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น</li> <li>7. อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ</li> <li>8. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ</li> </ol>

## ตาราง 3 (ต่อ)

คำอธิบายรายวิชา	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล ตัดสินใจ แก้ปัญหา สื่อสารสิ่งที่เรี ยนรู้ รวมไปถึงมีจิต วิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มี จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม	9. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่าง ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ เซลล์ไฟฟ้าเคมีในชีวิตประจำวัน

## ตาราง 4 โครงสร้างเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
ปฏิกิริยารีดอกซ์ (1)	1. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ 2. อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์ และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์จากเลขออกซิเดชันของสารในปฏิกิริยา	3
ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ (2, 3, 4)	1. อธิบายความหมายของครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน ตัวออกซิไดส์ และตัวรีดิวซ์ 2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ เขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ 3. ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ 4. ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้วิธีเลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา 5. ระบุองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี 6. เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวม 7. เขียนแผนภาพครึ่งเซลล์และแผนภาพเซลล์	3

ตาราง 4 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
เซลล์กัลวานิก (5, 6, 7)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบุองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี</li> <li>2. เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวม</li> <li>3. เขียนแผนภาพครึ่งเซลล์และแผนภาพเซลล์</li> <li>4. ทดลองหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์</li> <li>5. เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์โดยพิจารณาจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน</li> <li>6. ระบุขั้วไฟฟ้า และเขียนปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์</li> <li>7. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์ไฟฟ้า</li> <li>8. อธิบายความหมายของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ</li> <li>9. อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและทุติยภูมิ</li> </ol>	3
เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (8)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. อธิบายสาเหตุหรือภาวะที่ทำให้โลหะเกิดการผุกร่อนจากสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง และวิธีการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ</li> <li>2. ทดลองและอธิบายหลักการชุบโลหะโดยใช้เซลล์อิเล็กโทรลิติก</li> <li>3. ทดลองและอธิบายหลักการแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้า</li> <li>4. อธิบายหลักการทำให้โลหะให้บริสุทธิ์</li> </ol>	6

ตาราง 4 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
กาวหน้าทาง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง กับเซลล์ไฟฟ้าเคมี (9)	1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความกาวหน้าทาง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า	3
รวม		18

## 2.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

### 2.5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (Academic achievement)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นของผู้เรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งได้มีนักวิชาการให้ความหมายไว้ในหลายแนวทางเมื่อนำมา วิเคราะห์พบว่านักวิชาการส่วนใหญ่ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ว่าเป็น ความรู้ ความสามารถหรือทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ทางการเรียนรู้อวิทยาศาสตร์ (Good, 1973) การฝึกอบรม หรือการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ (ผการัตน์ โรจน์ดวง, 2556) ก่อเกิดเป็นการสะสมและ เชื่อมโยงสาระสำคัญที่ค้นพบและพิสูจน์ (สุพิชชา ปาทา, 2554, น. 44) โดยจะต้องอาศัยความ พยายามในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้ว (นภาพร วงค์เจริญ, 2550, น. 40) นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการอีก 1 กลุ่มที่นิยามผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน ว่าเป็นผลของความสำเร็จที่ได้จากการเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากกระบวนการทดสอบ เช่น การสังเกตหรือการตรวจสอบการบ้าน หรืออาจใช้รูปแบบของเกรดของโรงเรียน ซึ่งต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อนและระยะเวลาานาน พอสมควร (Arnold and Meili, 1972, p. 6) อาจกล่าวได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่ ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สมรรถภาพทางสมองและสติปัญญาของผู้เรียน เช่น ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ที่เรียนไปแล้วมากมายน้อยเพียงใด โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ที่วัด



จากคะแนนที่นักเรียนตอบแบบทดสอบ (อรกัญญา รัชวัฒน์, 2553, น. 35) หรือสามารถประเมินได้จากผลการปฏิบัติของเขา โดยอาศัยเกณฑ์จากภายนอกหรือภายในเพื่อใช้ในการแข่งขันกับคนอื่น หรือใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินความเป็นเลิศ (Spence and Helmreich, 1983)

จากการศึกษาเอกสารตามที่กล่าวมา สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถของผู้เรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน ทั้งด้านความรู้ และทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นทั้งก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลาง สามารถวัดได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 2.5.2 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ได้มีนักการศึกษาที่กำหนดพฤติกรรมดังกล่าวไว้ใน 2 ประเด็นคือ 1) คลอปเฟอร์ (Klopfer, 1971) กำหนดพฤติกรรม 4 ด้าน ที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ

1. ด้านความรู้ คือ พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงถึงความจำเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับการศึกษาค้นคว้าผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การเรียน และการบรรยาย เป็นต้น
2. ด้านความเข้าใจ คือ พฤติกรรมที่ผู้เรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ความจำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความเข้าใจในข้อเท็จจริง และความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง
3. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ คือ พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ หลักการ มโนทัศน์ กฎหรือทฤษฎี มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ 1) แก้ปัญหาในสาขาวิทยาศาสตร์เดียวกัน 2) แก้ปัญหาของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น และ 3) แก้ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์
4. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมที่นักเรียนเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหาที่พบ ในการดำเนินการต้องนักเรียนจะต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหา

นอกจากนี้นักการศึกษาที่ให้ความสำคัญกับการประเมินด้านพุทธิพิสัย เป็นกระบวนการประเมินที่วัดระดับความรู้ความสามารถของนักเรียน จากกิจกรรมการสอน เป้าหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom) จัดว่าเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่มีความสำคัญและประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกระบบของการศึกษาคือการจำแนกพฤติกรรมที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด 6 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ

3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า แต่ตลอดระยะที่ผ่านมาจากการอิงเป้าหมายทางการศึกษาของบลูมพบว่า มีข้อจำกัดหลายประการ สรุป ดังนี้ (นริศรา วรณโกษิตย์, 2559, น. 33-34)

1. การกำหนดมาตรฐานของรูปแบบพฤติกรรม ทำให้เกิดความเข้าใจว่าไม่สามารถซ้อนทับและเหลื่อมล้ำกันได้

2. เรียงลำดับพฤติกรรมในบางชั้นไม่เหมาะสม

3. การให้คำจำกัดความในพฤติกรรมแต่ละชั้นไม่ชัดเจน

4. ไม่สะท้อนแนวความคิดการประเมินบางประการ

จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้มีนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ร่วมกันปรับปรุงจุดมุ่งหมายการศึกษาของบลูมใหม่ จนเกิดเป็นกระบวนการทางปัญญาใหม่ของบลูมที่กล่าวไว้ว่า ลำดับขั้นของกระบวนการทางปัญญาในจุดมุ่งหมายทางการศึกษามีลำดับ 6 ขั้น ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Remembering) คือ ความสามารถในการระลึกถึงหรือท่องจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมา โดยแสดงรายการได้ บอกได้ ระบุ บอกชื่อได้

2. ความเข้าใจ (Understanding) คือ ความสามารถในการจะจับใจความสำคัญของเนื้อหา การแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง ย่อความต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

3. การนำไปใช้ (Applying) คือ ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังนั้นในขั้นนี้ผู้เรียนควรความเข้าใจเนื้อหาอย่างละเอียดแล้วจึงนำความรู้ไปใช้ได้

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) คือ ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ การจัดการ ตลอดจนแยกแยะข้อมูลลงไปเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ เหล่านั้น เพื่อสร้างความเข้าใจความเกี่ยวข้องต่าง ๆ

5. ประเมินค่า (Evaluating) คือ ความสามารถในการตรวจสอบ ตัดสิน และวิจารณ์

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) คือ ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผน ผลิต

สรุปได้ว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถตรวจสอบได้จากการวัดผลด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย โดยใช้พฤติกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดเป็นกรอบใน

การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของสาระสำคัญทางวิทยาศาสตร์

#### 2.5.4 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

การสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีความมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (บุญนำ อินทนนท์, 2551, น. 54) แนวคิดในเรื่องไฟฟ้าเคมี เป็นเนื้อหาสาระที่สำคัญอีกเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน เป็นหน่วยที่กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งการศึกษาเนื้อหาในบทเรียนที่เป็นเชิงทฤษฎี การทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาของการเกิดไฟฟ้าเคมี ตลอดจนมีการประยุกต์ใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์ และประเมินค่าถึงผลประโยชน์และผลกระทบที่เกิดขึ้นการความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมีอีกด้วย

การตรวจสอบว่ากิจกรรมการเรียนการสอนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ เพียงใดจำเป็นที่จะต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี มีรูปแบบที่หลากหลายเป็นทางเลือกให้ผู้สอนออกแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ตรงตามจุดประสงค์และสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างหลากหลาย เช่น การทดสอบ การสัมภาษณ์ การสอบถาม การสังเกต การตรวจผลงาน การทดลอง เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีสามารถใช้เครื่องมือวัดได้แตกต่างกัน ดังตัวอย่างแสดงในตาราง

ตาราง 5 แสดงวิธีการวัดและประเมินการเรียนรู้และตัวอย่างเครื่องมือ

วิธีการวัด	ตัวอย่างเครื่องมือ
การทดสอบ (Testing)	แบบสอบข้อเขียน แบบสอบภาคปฏิบัติ แบบวัด
การสัมภาษณ์ (Interview)	แบบสัมภาษณ์
การสอบถาม (Inquiry)	แบบตรวจสอบรายการ
การสังเกต (Observation)	แบบประเมินค่า
การตรวจผลงาน	แบบบันทึก แบบประเมินผลงาน
การใช้แฟ้มสะสมผลงาน	แบบประเมินตนเอง

ที่มา: ผดุงชัย ภูพัฒน์ (ม.ป.ป., น. 2)

นอกจากนี้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น จำแนกประเภทจากเกณฑ์การตอบ แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539; ศิริชัย กาญจนาวาสี, 2552)

1. จำแนกตามผู้สร้างแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardize teste) สร้างขึ้นโดยมีกระบวนการมาตรฐาน อาจสร้างจากสำนักทดสอบ หรือบริษัทสร้างแบบทดสอบ โดยเฉพาะเพื่อให้ใช้ได้ทั่วไป โดยเนื้อหาครอบคลุมในหลักสูตรอย่างกว้าง ๆ ซึ่งมีรูปแบบในการให้บริการ การดำเนินการสอบ การให้คะแนน การแปลผล การรายงานผล และการรายงานคุณภาพของแบบทดสอบมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher-made tests) เป็นแบบทดสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาเฉพาะตามหลักสูตรของโรงเรียนหรือสถาบัน ซึ่งครู

สังกัดอยู่เป็นผู้สร้างเอง การตรวจให้คะแนนและการแปลผลจะทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ครูกำหนด หรือเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มที่สอบด้วยกัน

2. จำแนกตามเนื้อหาวิชาซึ่งสามารถทำได้ทุกรายวิชา จึงสามารถจำแนกแบบทดสอบได้ตามวิชาต่าง ๆ เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ ภาษาไทย คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

3. จำแนกตามการใช้แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ (1)แบบทดสอบความพร้อม (Readiness test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจความพร้อมในการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้พื้นฐานมากน้อยเพียงใด จะได้ทบทวนก่อนเริ่มเรียนในหน่วยการเรียนรู้ บทเรียน หรือวิชานั้น ๆ โดยเน้นวัดทักษะที่จำเป็นสำหรับกรเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ บทเรียน หรือวิชา (2) แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnosis test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อระบุว่านักเรียนมีปัญหาในการเรียนรู้อย่างไรบ้าง เพื่อปรับปรุงแก้ไขและสอนซ่อมเสริม โดยเน้นวัดจุดเด่นจุดด้อยของทักษะการเรียนรู้สำคัญ และตรวจสอบกลไกขององค์ประกอบย่อยที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ (3) แบบทดสอบสมรรถภาพ (Proficiency test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวบ่งบอกระดับความสามารถในการคัดเลือกหรือให้ประสิทธิบบางประการ โดยใช้วัดว่าผู้ทดสอบมีความสามารถอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือยัง เช่น การสอบความสามารถทางภาษา การสอบใบขับขี่รถยนต์ เป็นต้น (4) แบบทดสอบเชิงสำรวจ (Survey test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบผลการเรียนทั่วไป โดยใช้วัดความรู้ทั่วไปของนักเรียน หรือนิสิตนักศึกษาในวิชาเฉพาะ แบบทดสอบจึงควรครอบคลุมเนื้อหาอย่างกว้างขวาง เช่น แบบทดสอบปลายภาคเรียน เป็นต้น

4. จำแนกตามการแปลผลได้แก่ แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-referenced test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อจำแนกระดับความสามารถที่แตกต่างกันของผู้สอบ โดยใช้วัดผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความรู้ความสามารถของผู้สอบ คะแนนสอบจึงนำไปใช้แปลความหมายโดยเปรียบเทียบกับความรู้ความสามารถของผู้ที่สอบด้วยตนเอง และแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดระดับการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีความรู้ความสามารถด้านใดบ้าง โดยสร้างให้ครอบคลุมความรู้และทักษะสำคัญที่ต้องการให้เกิด จึงแปลผลจากการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5. จำแนกตามรูปแบบการตอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบความเรียง (Supply type) ประกอบด้วย แบบทดสอบความเรียง (Essay test) แบบทดสอบแบบตอบสั้น (Short answer) และแบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion) และแบบทดสอบประเภทเลือก

คำตอบ (Selection type) ประกอบด้วยคำตอบถูก-ผิด (true-false) แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching) และแบบทดสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าวิธีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้หลายวิธี แต่ในแนวคิดเรื่องไฟฟ้าเคมีนั้นมีบริบทที่แตกต่างออกไปทำให้มีความเฉพาะในการออกแบบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมีที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 30 คำถาม 30 คะแนน โดยหนึ่งคำถามมี 4 ตัวเลือกคำตอบซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

## 2.6 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

หน่วยการเรียนรู้มีความสำคัญมากต่อการจัดการศึกษา การนำหลักสูตรมาใช้ต้องผ่านกระบวนการสร้างหน่วยจึงอาจกล่าวได้ว่า ตัวเชื่อมที่สำคัญในการนำหลักสูตรมาสู่การจัดการเรียนการสอน คือ “หน่วยการเรียนรู้” (กรมวิชาการ, 2548) มีนักการศึกษาจำนวนหลายท่านได้ให้ความหมายของหน่วยการเรียนรู้ไว้ว่า หน่วยการเรียนรู้ หมายถึง สาระการเรียนรู้ที่ถูกจัดเป็นชุดหรือเป็นกลุ่ม ในลักษณะสัมพันธ์เชื่อมโยงหรือบูรณาการเพื่อสะดวกในการจัดการเรียนรู้ หรือเป็นการจัดการความรู้ที่ครบวงจรในเรื่องหนึ่ง ที่เกิดจากการจำแนกเนื้อหาความรู้ของแต่ละสาระการเรียนรู้ออกเป็นเรื่อง แต่ละเรื่องให้ความรู้แบบครบวงจร เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้กับชีวิตจริง สามารถนำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ (กรมวิชาการ, 2548; กฤษณพร ดวงหะคลัง, 2558; นพเกา ณ พัทลุง, 2548)

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ เป็นการนำมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดสู่การปฏิบัติการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาผู้เรียน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (กรมวิชาการ, 2551) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ ที่ระบุว่าให้นักเรียนรู้อะไร และสามารถทำอะไรได้ เมื่อจบหน่วยการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหลักรฐานการเรียนรู้ ร่องรอยการเรียนรู้ที่ชัดเจน และแสดงว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายการเรียนรู้ ตลอดจนการกำหนดเกณฑ์การประเมินซึ่งเกณฑ์การประเมินที่กำหนดขึ้นจะต้องสะท้อนตัวชี้วัดในหน่วยนั้น

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบการเรียนรู้ เป็นการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพของการเรียนรู้อ เพื่อให้ผู้เรียนทำภารกิจ หรือภาระงาน/ชิ้นงาน ที่กำหนดไว้ และกิจกรรมการเรียนรู้นั้นสอดคล้องกับมาตรฐาน/ตัวชี้วัดในหน่วยการเรียนรู้ สร้างผู้เรียนให้มีคุณภาพตามเป้าหมายในชั้นเรียน

ดังนั้นหน่วยการเรียนรู้ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แบ่งสาระการเรียนรู้เป็น เรื่อง ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดเนื้อหาสาระให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม เพื่อสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนตามสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง





### บทที่ 3

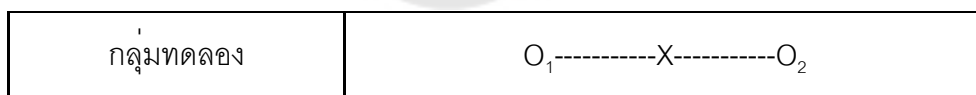
## วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) โดยมีแบบแผนการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One Group pretest-posttest design) ดังภาพประกอบที่ 3 กล่าวคือ มีการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (pretest) และใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แล้วจึงทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (posttest) เพื่อข้อมูลเชิงปริมาณมาใช้ในการวิเคราะห์สำหรับการอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อ 1-4



ภาพประกอบ 3 แบบแผนการวิจัย One Group pretest-posttest design (Fitz-Gibbon, 1987)

โดยที่

O<sub>1</sub> หมายถึง การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (pretest)

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

O<sub>2</sub> หมายถึง การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (posttest)

นอกจากนี้ ยังมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกต บันทึกหลังสอน และรายงานการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน ร่วมด้วยเพื่อตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 5

## 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง จำนวน 6 ห้อง รวมทั้งสิ้น 238 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง จำนวน 1 ห้อง รวมทั้งสิ้น 41 คน โดยดำเนินการกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience Sampling) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/6

## 3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ หน่วยเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีด้วยรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประจำหน่วยเรื่องไฟฟ้าเคมี และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

#### 3.1.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี มีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) วิเคราะห์หลักสูตร โดยวิเคราะห์ตัวชี้วัดในหลักสูตร ระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวทางของบลูมซึ่งพบว่ามี 5 ระดับ ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการประเมินค่า จากนั้นกำหนดสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละเนื้อหา และพฤติกรรมที่จะวัดในแต่ละระดับ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตาราง 6 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องประเมิน

เนื้อหา	สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม					รวม
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	
1	ปฏิบัติการรีดอกซ์ -การดุลสมการรีดอกซ์ -ความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิบัติการรีดักชัน ปฏิบัติการรีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดส์ -เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ หรือตัวออกซิไดส์	1	2	2	2	-	7
2.	เซลล์กัลวานิก -การสร้างเซลล์กัลวานิก -ค่า E° -ประเภทของเซลล์กัลวานิก	2	2	2	2	1	9

ตาราง 6 (ต่อ)

เนื้อหา	สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม					รวม
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	
3.	เซลล์อิเล็กทรอนิกส์ -การสร้างเซลล์อิเล็กทรอนิกส์ -ประเภทของเซลล์อิเล็กทรอนิกส์ -การผูกกรอนของโลหะ	2	1	2	2	1	8
4.	ก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ เซลล์ไฟฟ้าเคมี -แบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์แข็ง -แบตเตอรี่อากาศ -การทำอิเล็กทรอนิกส์น้ำทะเล	2	1	2	-	1	6
	รวม (ข้อ)	7	6	8	6	3	30

2) สร้างข้อสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ และสร้างตัวเลือก 4 เลือกโดยให้มีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 ตัว ที่เหลือเป็นตัวลวง กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

3) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด อีกทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการจัดการ

เรียนการสอนเคมี พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ทางการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

(4.1) ข้อคำถามทั้ง 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ ระหว่างความตรงเชิงเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ เป็น 1.00 จำนวน 29 ข้อ และ 0.67 จำนวน 1 ข้อ ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่า 0.5 ทุกข้อ แสดงว่าข้อคำถามที่ใช้มีความสอดคล้อง เหมาะสม ในการใช้วัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

(4.2) ปรับข้อคำถามให้ชัดเจน และสื่อความหมายให้เข้าใจตรงกัน ตัวอย่างเช่น ข้อที่ 3 เปลี่ยนการเรียบเรียงคำถามจาก จากการเรียงไอออนข้างล่าง การเรียงแบบใดมีแนวโน้มการเสียอิเล็กตรอนจากง่ายไปหายาก เปลี่ยนเป็น ข้อใดเรียงลำดับแนวโน้มการเสียอิเล็กตรอนจากง่ายไปหายากได้ถูกต้อง

(4.3) ปรับชนิดของโลหะที่แสดงในข้อคำถามให้เป็นชนิดใหม่ๆ ที่นักเรียนไม่เคยเรียนในบทเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนฝึกการคิดที่สูงขึ้น

5) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง จำนวน 21 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพเป็นรายข้อ โดยใช้โปรแกรม SPSS สำเร็จรูป ซึ่งแสดงค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.24-0.52 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.29-0.38 และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.83 จึงได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมีตามเกณฑ์ที่ต้องการ และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดที่ฉบับโดยการคำนวณหาความเที่ยงด้วยสูตรที่ 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Formula-20, KR20) เพื่อใช้ตัดและคัดเลือกข้อสอบที่มีเหมาะสมรวมทั้งสิ้น 30 ข้อ

6) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้แล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

เกณฑ์ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 คะแนนขั้นต่ำที่จะยอมรับว่านักเรียนมีความสามารถในการ

เรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ ได้จากแบบทดสอบหลังเรียนแล้วนำคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ เทียบกับเกณฑ์ โดยงานวิจัยได้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวมโดยเปรียบเทียบกับ เกณฑ์ที่กำหนด ดังปรากฏในตารางที่ 7 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 22)

ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
80-100	จัดอยู่ในระดับดีมาก
70-79	จัดอยู่ในระดับดี
60-69	จัดอยู่ในระดับปานกลาง
50-59	จัดอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
0-49	จัดอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

### 3.2 แบบวัดความสามารถในการเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้ในการวัดและ ประเมินผลความสามารถของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังจากที่ใช้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีด้วยรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาตำรา งานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้องกับความหมายและประเภทของ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้
2. ศึกษาตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินการให้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน เนื้อหาเฉพาะสาขาเคมี ตลอดจนกำหนดลักษณะการเขียนข้อคำถาม และเกณฑ์การให้คะแนน
3. ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่ง ประกอบด้วยโจทย์เป็นสถานการณ์ที่มีลักษณะเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภูมิ ภาพ หรือ แผนภาพ โดยเนื้อหาของสถานการณ์ดังกล่าวเป็นเรื่องราวที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน รวม 10

สถานการณ์ ซึ่งในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามย่อย 1 ข้อ เป็นข้อสอบประเภทเขียนตอบ ให้วิเคราะห์สถานการณ์ สร้างข้อสรุปจากปัญหาที่กำหนดให้จากสถานการณ์

4. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อีกทั้งตรวจสอบรูปภาพที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแบบวัดที่ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม เกณฑ์การให้คะแนน ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

(5.1) ข้อคำถามทั้ง 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างความตรงเชิงเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ เป็น 1.00 จำนวน 7 ข้อ และ 0.67 จำนวน 3 ข้อ ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่า 0.5 ทุกข้อ แสดงว่าข้อคำถามที่ใช้มีความสอดคล้อง เหมาะสม ในการใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

(5.2) ปรับการจัดการเรียนรู้ในชั้นที่ 4 โดยให้เพิ่มรายละเอียดคำตอบของคำถามมากขึ้น

6. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มศึกษานำร่องหลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีแล้วคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง ของจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดเพื่อหาความเชื่อมั่น ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์ แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยพิจารณาจากค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่ามีความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.30 – 0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20 – 0.27 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 จึงได้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ต้องการ



7. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ไขแล้ว ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้ในการวิจัย

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยไฟฟ้าเคมีด้วยรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ศึกษาขอบข่ายเนื้อหาและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) กำหนดโครงสร้างเนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี 1 หน่วยการเรียนรู้ แบ่งเป็น 6 แผน จำนวน 18 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 หัวข้อเนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่		จำนวนคาบ
1	ปฏิกิริยาที่ให้กระแสไฟฟ้า	3
2	ความแรงของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์	3
3	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี	3
4	การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า	3
5	การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า	3
6	การผุกร่อนของโลหะ	3
	รวม	18

3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความสอดคล้องระหว่างความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ในหัวข้อต่อไปนี้ (1) จุดประสงค์ (2) สาระสำคัญ (3) กิจกรรม (4) การวัดและประเมินผล (5) สื่อและเอกสารประกอบกิจกรรม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีประสบการณ์การสอนเคมีมากกว่า 10 ปี และมีประสบการณ์ในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย จำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ตามประเด็นและรายการประเมินที่กำหนด โดยมีประเด็นในการประเมินครอบคลุมด้านต่าง ได้แก่ เนื้อหา จุดประสงค์ กิจกรรมตามรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งการประเมินผล โดยมีเกณฑ์การพิจารณา คือ

+1	แทน แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกัน
0	แทน ไม่แน่ใจว่ารายการที่ประเมินสอดคล้องกัน
-1	แทน แน่ใจว่ารายการที่ประเมินไม่สอดคล้องกัน

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้

ดังนี้

ผลการพิจารณาความสอดคล้อง (IOC) พบว่า มีค่าเป็น 1.00 ทุกรายการประเมิน ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ แสดงว่า เนื้อหาและ กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนมีความสอดคล้องและเหมาะสมในการใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี ตามรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

(5.1) ปรับการเขียนสาระการเรียนรู้

(5.2) ปรับการใช้ภาษาและคำศัพท์ให้มีความถูกต้องและสื่อความหมายให้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น

(5.3) ปรับการเขียนอธิบายในขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง โดยใส่ข้อมูลผลสรุปจากการสืบเสาะให้ละเอียดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น จากผลการสืบเสาะว่าชนิดของ

โลหะคู่ใดที่ให้กระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด คือ โลหะ Cu กับ โลหะ Mg เนื่องจากโลหะทั้งสองมีค่าความต่างศักย์มากที่สุด ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากที่สุด เป็นต้น

6) ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาให้ตรวจสอบอีกครั้ง แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

#### 4. การดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัย ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

##### 4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยให้นักเรียนและผู้ปกครองทราบ พร้อมทั้งแจ้งหมายเลขรับรองรหัสของจริยธรรมการวิจัย หมายเลข SWUEC/X-384/2561 โดยละเอียด พร้อมตอบข้อคำถามเกี่ยวกับกระบวนการวิจัย นักเรียนและผู้ปกครองที่ยินดีร่วมโครงการวิจัยและอนุญาตให้ใช้ข้อมูลในการรายงานผลวิจัยลงนามและส่งใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

##### 4.2 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างทดลอง

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลวิจัยก่อนเรียน ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใช้เวลาในการทดสอบแบบวัดละประมาณ 50 นาที จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี จำนวนทั้งสิ้น 18 คาบ คาบละ 50 นาที

##### 4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังจากดำเนินการทดลองสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผนแล้ว ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรม ด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้เวลา 50 นาที และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้เวลาอีก 50 นาที

#### 5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

##### 5.1 การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน  
ดังนี้

5.1.1 หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำคะแนนมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างหลังเรียนกับคะแนนจุดตัด และทดสอบด้วยสถิติทดสอบ one sample t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.1.2 วิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยหาขนาดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้สูตร Cohen's d

5.1.3 หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ และจุดที่ฟังก์ชันทั้งสองตัดกัน จะเป็นคะแนนที่ใช้จำแนกกลุ่มนักเรียน แล้วเทียบกับกลุ่มที่ยังไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งค่าคะแนนจุดตัด (Cutting Score) จะชี้ให้เห็นถึงการจำแนกกลุ่มนักเรียน แล้วทดสอบด้วยสถิติ one sample t-test กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.1.4 หาค่าร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี แล้วนำร้อยละผลคะแนนเทียบเกณฑ์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กำหนดไว้ คือมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 โดยใช้สถิติทดสอบ one sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05

5.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการสังเกต บันทึกหลังสอน และรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล โดยวิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่ออธิบายว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

## 5.2 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

### 5.2.1 สถิติพื้นฐาน

1) ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2549)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	$\sum x$	แทน	คะแนนรวม
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2549)

$$\text{สูตร} \quad \text{S.D.} = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของคะแนน
	$(\sum x)^2$	แทน	กำลังสองของคะแนนรวม
	N	แทน	จำนวนนักเรียน
	X	แทน	ผลคะแนนของนักเรียนรายบุคคล

### 5.2.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1) ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง

$$\text{สูตร} \quad \text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) (ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

$$\text{สูตร} \quad P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

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

เมื่อ  $r$  แทน ค่าอำนาจจำแนก

$R_U$  แทน จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

$R_L$  แทน จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

3) ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (บุญใจ ศรีสถิตยัณรากุล : 236)

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

เมื่อ  $\alpha$  แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด

$n$  แทน จำนวนคำถามของแบบวัด

$\sum S_i^2$  แทน ผลรวมค่าความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

$\sum S_t^2$  แทน ผลรวมค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

4) ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2549)

$$\text{สูตร } r_n = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_1^2} \right]$$

เมื่อ  $r_n$  แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$k$  แทน จำนวนคำถามของแบบทดสอบ

$p$  แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ  
(จำนวนคนที่ตอบถูก/จำนวนคนทั้งหมด)

$q$  แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ (1-p)

$S_1^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

5) ค่าขนาดอิทธิพลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยหาขนาดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้สูตร Cohen's d โดยมีรายละเอียด ดังนี้

$$\text{Cohen's } d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\text{pooled}}}$$

$\bar{X}_1$  หมายถึง คะแนนหลังเรียน

$\bar{X}_2$  หมายถึง คะแนนก่อนเรียน

$$S_{\text{pooled}} \text{ หมายถึง } \sqrt{\frac{(S_1^2 + S_2^2)}{2}}$$

เกณฑ์การพิจารณาว่าการใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีอิทธิพลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่ พิจารณาได้จากค่าขนาดอิทธิพล ซึ่งมีเกณฑ์ ดังนี้ (Chris, 2017)

ตาราง 9 การแปลความหมายของค่าขนาดอิทธิพล

ค่าขนาดอิทธิพล (d)	ระดับขนาดอิทธิพล
$d > .8$	สูง
$2 < d < .8$	กลาง
$d < .2$	ต่ำ

#### 6) คะแนนจุดตัด

การพิจารณาคะแนนจุดตัดโดยใช้ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ (Probability of Decision) อ้างอิงจาก Berk. (1980) ในการหาคะแนนจุดตัดซึ่งเป็นคะแนนพยากรณ์ (Outcome Probability) จำแนกนักเรียนออกเป็น 4 จำพวก คือ

ความน่าจะเป็นของการรอบรู้จริง : P(TM)

ความน่าจะเป็นของการรอบรู้ไม่จริง : P(FM)

ความน่าจะเป็นของการไม่รอบรู้จริง : P(TN)

ความน่าจะเป็นของการไม่รอบรู้ไม่จริง : P(FN)

ซึ่งความน่าจะเป็นของทั้ง 4 เหตุการณ์นี้ สามารถหาได้จากสัดส่วนของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม (Cell Frequencies) ต่อจำนวนนักเรียนทั้งหมด (Total Sample)



$$P(TM) = (TM) / (M+N)$$

$$P(FM) = (FM) / (M+N)$$

$$P(TN) = (TN) / (M+N)$$

$$P(FN) = (FN) / (M+N)$$

เมื่อ	TM	แทน	นักเรียนในกลุ่มรอบรู้จริง
	FN	แทน	นักเรียนในกลุ่มรอบรู้ไม่จริง
	TN	แทน	นักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้จริง
	FN	แทน	นักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้ไม่จริง
	M+N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ดังกล่าว สามารถนำมาหาความน่าจะเป็นของผู้อรอบรู้ในประชากร (Probability of Incidence of Master in Population : BR) และความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ว่ารอบรู้ในประชากร (Probability of Predicted of Masters in Population : SR) ซึ่งหาได้จากสูตร

$$BR = P(FN) + P(TM)$$

$$SR = P(TM) + P(FM)$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผู้ไม่รอบรู้ในประชากร =  $1 - BR$

ความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ว่าไม่รอบรู้ =  $1 - SR$

ซึ่งคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม เป็นค่าที่ตัดสินใจจากการทดลองความน่าจะเป็นของเหตุการณ์หรือของแต่ละกลุ่ม ซึ่งคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมนั้นจะต้องสามารถพยากรณ์ความรอบรู้ของนักเรียนได้สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น คะแนนที่เหมาะสมจึงพิจารณาจากความน่าจะเป็น 2 แบบ คือ

1) ค่าความน่าจะเป็นของการตัดสินใจถูก (Probability of Correct Decistion) มีค่าสูงสุด นั่นคือจะต้องหา  $P(TM) + P(FN)$  สูงสุด

2) ค่าความน่าจะเป็นของการตัดสินใจผิด (Probability of Incorrect Decistion) มีค่าต่ำสุด นั่นคือจะต้องหา  $P(TM) + P(FN)$  ต่ำสุด

การพิจารณาคะแนนจุดตัดโดยใช้สัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรง (Validity of Coefficient) คือ พิจารณา จากสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนจุดตัด ซึ่งสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงแสดงให้เห็นว่า คะแนนจุดตัดที่ใช้ในการจำแนกได้ดีเพียงใด คำนวณได้จากสูตร

$$\phi_{vc} = \frac{P(TM) - BR(SR)}{BR(1-BR)SR(1-SR)}$$

เมื่อ	$\phi_{vc}$	แทน	สัมประสิทธิ์ที่ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์
	BR	แทน	ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในประชากร
	SR	แทน	ความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ผู้รอบรู้ในประชากร
	BR	แทน	$P(TM) + P(TM)$
	SR	แทน	$P(TM) + P(FM)$

### 5.2.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

1) การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยใช้ t-test for dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2549)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าวิกฤตที่ใช้ในการพิจารณาการแจกแจงค่า t
	D	แทน	ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
	N	แทน	จำนวนคู่ของผลคะแนนจากการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลัง

2) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

$$\bar{X} \text{ ร้อยละ} = \frac{\bar{X}}{S} \times 100$$

เมื่อ  $\bar{X}$  ร้อยละ คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย

$\bar{X}$  แทน คะแนนเฉลี่ย หาได้จาก  $\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$

X แทน คะแนนของนักเรียนรายบุคคล

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

S แทน คะแนนเต็ม



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อตอบคำถามของการวิจัยที่ว่า การใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งว่ามีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่ โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยตามลำดับต่อไปนี้

#### 1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด

1.2 ผลการศึกษาขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

#### 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมีกับคะแนนจุดตัด

2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์

#### 3. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

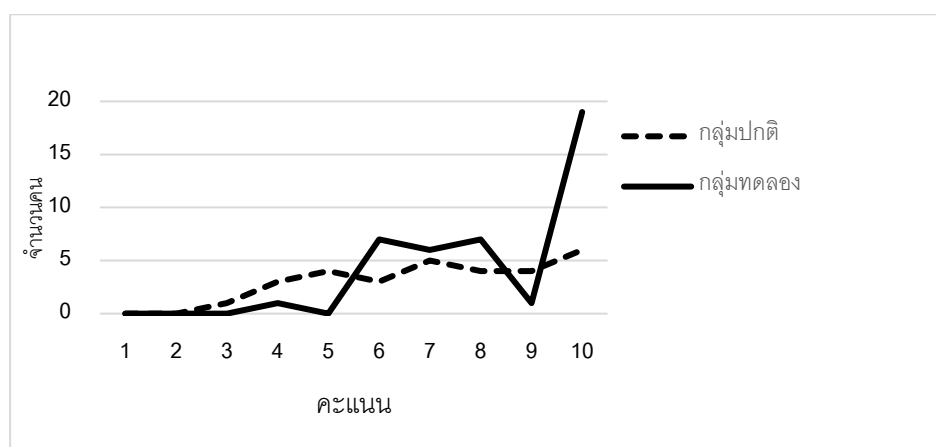
#### 1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

##### 1.1 การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ในส่วนนี้ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้ง จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 41 คน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีความสามารถในการให้เหตุผล

เชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ด้วยสถิติ one sample t-test

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด แสดงดังภาพประกอบที่ 4 แสดงจุดตัดของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ



ภาพประกอบ 4 จุดตัดของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบที่ 4 พบว่ามีคะแนนที่น่าจะเป็นจุดตัด คือ 5, 6, 8 และ 9 จึงนำคะแนนดังกล่าวมาทดสอบความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจอย่างถูกต้องของคะแนนเกณฑ์  $(P(TM) + P(TN))$  ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจไม่ถูกต้องของคะแนนเกณฑ์  $(P(FN) + P(FM))$  และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์

ผลการทดสอบพบว่า ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจอย่างถูกต้องของคะแนนเกณฑ์มีค่าสูงที่ 0.72 ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจไม่ถูกต้องของคะแนนเกณฑ์ต่ำสุด เท่ากับ 0.28 และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์มากที่สุด เท่ากับ 0.45 ซึ่งตรงกับคะแนน 6 คะแนน ดังนั้นจึงมีความน่าจะเป็นสูงสุดที่คะแนน 6 คะแนนจะเป็นจุดตัดที่ดีที่สุด และเมื่อเทียบกับภาพประกอบที่ 4 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับหรือสูงกว่าคะแนนจุดตัดคิดเป็นร้อยละ 97.56 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัดโดยการทดสอบค่าที (One sample t-test) ผลเป็นดังตารางที่ 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด

N	$\bar{X}$	SD	Cutting Point	df	t	P
41	8.37	1.74	6	40	8.69*	.000

หมายเหตุ \* $P < .05$

จากตารางที่ 10 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 1.2 ผลการศึกษาขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

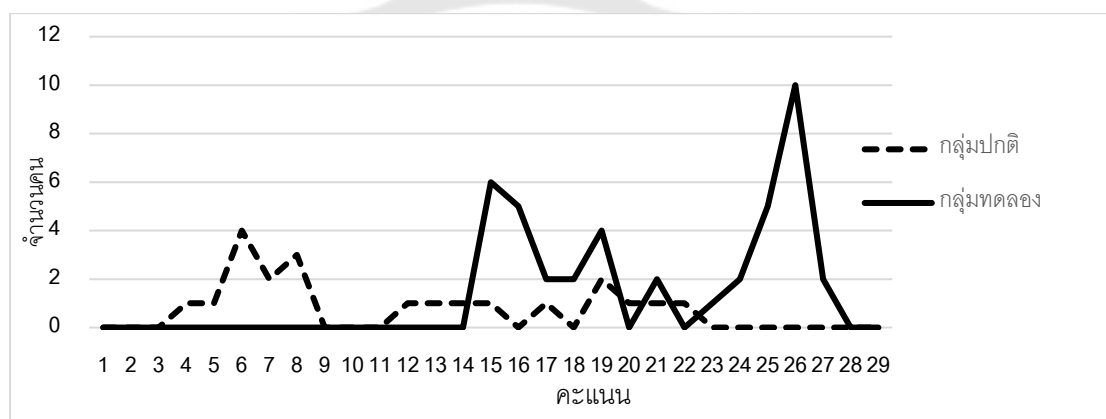
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ว่ามีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่ โดยทำการเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี รวมทั้งสิ้น 6 แผน เป็นจำนวน 18 ชั่วโมง เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า ขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ในระดับสูงหรือไม่ ด้วยสูตรหาค่าขนาดอิทธิพลของ Cohen's d การแปลความหมายค่าขนาดอิทธิพลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ค่าน้อยกว่า 0.2 , ค่าระหว่าง 0.2-0.8 และค่ามากกว่า 0.8 ขึ้นไป หมายถึง ระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์หาค่าขนาดอิทธิพลพบว่า ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ( $d = 2.04$ ) แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้มาก

## 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี กับคะแนนจุดตัด

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี เป็นการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วยข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยของหลังเรียนมาเทียบกับคะแนนจุดตัดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี



ภาพประกอบ 5 จุดตัดของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาพประกอบ 5 กราฟแสดงจุดตัดของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อยู่ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อยู่แบบปกติ

จากภาพประกอบที่ 5 พบว่ามีคะแนนที่น่าจะเป็นจุดตัด คือ 14, 15, 19, 20, 21, 22 และ 23 จึงนำคะแนนดังกล่าวมาทดสอบความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องของคะแนนเกณฑ์ ( $P(TM) + P(TN)$ ) ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจไม่ถูกต้องของคะแนนเกณฑ์ ( $P(FN) + P(FM)$ ) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจอย่างถูกต้องของคะแนนเกณฑ์มีค่าสูงที่ 0.89 ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจไม่ถูกต้องของคะแนนเกณฑ์ต่ำสุด เท่ากับ 0.11 และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์มากที่สุด เท่ากับ 0.75 ซึ่งตรงกับคะแนน 15 คะแนน ดังนั้นจึงมีความน่าจะเป็นสูงสุดที่คะแนน 15 คะแนนจะเป็น



จุดตัดที่ดีที่สุด และเมื่อเทียบกับภาพประกอบที่ 5 พบว่านักเรียนมีนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับหรือสูงกว่าคะแนนจุดตัด คิดเป็นร้อยละ 100

เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับคะแนนจุดตัด โดยการทดสอบค่าที (One sample t-test) ผลเป็นดังตารางที่ 11

ตาราง 11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับคะแนนจุดตัด

N	$\bar{X}$	SD	Cutting Point	df	t	P
41	21.17	4.55	15	40	8.68*	.000

หมายเหตุ \*P < .05

จากตารางที่ 11 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้ง สูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 2.2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี เทียบกับเกณฑ์

ภายหลังการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วยข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) และใช้สถิติ one sample t-test

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบกับเกณฑ์พบว่าค่าเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งนั้น สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t = 0.24$ ,  $p = .41$ ) โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70.57 ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับดี

### 3. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ในการตอบโจทย์จุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 5 ที่ว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากประสบการณ์ใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แบบบันทึกหลังสอน รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุนภาระงาน ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการใช้การทดลองอย่างง่าย ๆ เพื่อเรียกความสนใจของผู้เรียนให้เข้าสู่ประเด็นของชั้นเรียน โดยใช้คำถามและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมเบื้องต้น พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและมีส่วนร่วมในการตอบคำถามที่ครูผู้สอนตั้งขึ้น เนื่องด้วยเป็นการโยงความรู้เดิมเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบต่อไป ผู้วิจัยสังเกตได้จากการตอบคำถามระหว่างเรียน

ตัวอย่างการตอบคำถามระหว่างเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

... ครูสาธิตการทดลอง โดยให้นักเรียนเลือกชนิดของโลหะและสารละลาย มา 3 คู่ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด

ครู: นักเรียนคิดว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อจุ่มโลหะที่เลือกลงในสารละลายนั้น

นักเรียน: เปลี่ยนแปลง เนื่องจากการใช้โลหะคนละชนิดน่าจะทำให้เกิดปฏิกิริยา...

(การสังเกตจากผลการจัดการเรียนรู้ แผนที่ 2)

ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม แตกต่างกันไปตามพื้นความรู้เดิม แต่สิ่งที่สังเกตได้ชัดเจนถึงจุดเริ่มต้นของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือนักเรียนมีการนำองค์ความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชั้นเรียนแล้วคาดคะเนคำตอบ จึงนำไปสู่การสำรวจและค้นหาในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล ในขั้นนี้ครูได้แบ่งกลุ่มของนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยลดความสามารถ หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการระบุนสถานการณ์ในการตรวจสอบให้แก่ นักเรียน พบว่านักเรียนยังคงตั้งคำถามเกี่ยวกับการสำรวจตรวจสอบ โดยช่วงเริ่มต้นนักเรียนยังไม่สามารถแบ่งหน้าที่ในการทำงานของกลุ่มได้ ทำให้เกิดการล่าช้าในการทำกิจกรรม เนื่องจากนักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการทำงาน

ตัวอย่าง ผลการการสังเกตพฤติกรรมที่พบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

...พบว่าในชั้นตอนนี้ นักเรียนที่เก่ง จะเป็นผู้นำในการทำกิจกรรม และกำหนดทิศทางการสำรวจและรวบรวมข้อมูล ส่วนนักเรียนกลุ่มอ่อนก็จะมีคำถามสำหรับการลงมือปฏิบัติกับครูอยู่เสมอๆ เช่น ถ้าผมใช้โลหะตัวนี้จะได้ไหมครับ/ ค่าที่อ่านได้นี้ถูกต้องไหมครับ เป็นต้น...

(การสังเกตจากผลการจัดการเรียนรู้ แผนที่ 1)

แต่ในที่สุดทุกกลุ่มก็จะได้ข้อมูลและหลักฐานจากผลการตรวจสอบของตนเอง แม้จะมีการใช้เวลาในการสำรวจ รวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นในชั้นนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้วิธีการหาหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อมาประกอบการให้เหตุผล

ตัวอย่าง ใบกิจกรรมที่นักเรียนบันทึกหลังการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้

ที่ 3

เอกสารฉบับที่ 3 เซลล์โวลต์ไฟฟ้า เซลล์โวลต์ไฟฟ้า

คำชี้แจง: ให้นักเรียนบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการทดลองที่เกิดขึ้นลงในตาราง

การทดลองที่	ขั้วโลหะสารละลายใน บีกเกอร์ซ้าย	ขั้วโลหะสารละลายใน บีกเกอร์ขวา	ทิศทางกระแสไฟฟ้า	แผนภาพเซลล์	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์
1	ZnSO <sub>4</sub>	CuSO <sub>4</sub>	ขวา	Zn   Zn <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>   Cu	0.66
2	ZnSO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	ซ้าย	Al <sub>2</sub>   Al <sup>3+</sup>    Zn <sup>2+</sup>   Zn	-0.13
3	ZnSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	ขวา	Zn   Zn <sup>2+</sup>    Mg <sup>2+</sup>   Mg	0.14
4	ZnSO <sub>4</sub>	PbNO <sub>3</sub>	ขวา	Zn   Zn <sup>2+</sup>    Pb <sup>2+</sup>   Pb	0.16
5	CuSO <sub>4</sub>	PbNO <sub>3</sub>	ซ้าย	Pb   Pb <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>   Cu	-0.23
6	CuSO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	ซ้าย	Al <sub>2</sub>   Al <sup>3+</sup>    Cu <sup>2+</sup>   Cu	-0.50
7	CuSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	ซ้าย	Mg   Mg <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>   Cu	-0.13
8	PbNO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	ขวา	Pb   Pb <sup>2+</sup>    Mg <sup>2+</sup>   Mg	0.07
9	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	ขวา	Al <sub>2</sub>   Al <sup>3+</sup>    Mg <sup>2+</sup>   Mg	0.54
10	PbNO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	ขวา	Pb   Pb <sup>2+</sup>    Al <sub>2</sub>   Al <sup>3+</sup>	0.05

Ac Go

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่าง ใบกิจกรรมที่นักเรียนบันทึกหลังการสำรวจตรวจสอบ

ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว เมื่อนักเรียนสามารถสำรวจและรวบรวมข้อมูลมาได้แล้วนั้น พบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ และบอกถึงหลักฐานและข้อมูลที่ค้นพบในข้อโต้แย้งชั่วคราวได้ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถอธิบายถึงวิธีการสำรวจหรือการนำมาซึ่งข้อมูลที่ได้มาลงข้อสรุปนั้น อีกทั้งพบว่าในช่วงกิจกรรมนี้ครูใช้กระดาษปูลูฟแผ่นใหญ่ใน

การให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มขึ้นมา พบว่านักเรียนสนุกกับการได้ขีดเขียนร่วมกันในกิจกรรมนี้

ตัวอย่าง ข้อโต้แย้งของกลุ่ม แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

ข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่ม	
<p>ปัญหา/สถานการณ์</p> <p>ไฟดับ เมื่อทรนเก้ไขปัญหานี้เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมต่อไปได้</p>	<p>สมาชิกกลุ่ม</p> <p>นพศกณัฐวิไล อิมมวล เลขที่ ๕7 ✓</p> <p>นารศกณภพ นพศกณภพณ์ เลขที่ ๕1 ✓</p> <p>นพศกณภพศก สักกัณทร เลขที่ ๖8 ✓</p> <p>นพศกณภพศก สักกัณทร เลขที่ ๖9 ✓</p> <p>* นพศกณภพศก สักกัณทร เลขที่ ๕๕ ✓</p>
<p>ข้อสรุป</p> <p>โลหะ Zn ในสารละลาย <math>ZnSO_4</math> กับ Cu ในสารละลาย <math>CuSO_4</math> ผลิตไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอ</p>	<p>หลักฐานข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป</p> <p>โลหะ Zn ในสารละลาย <math>ZnSO_4</math> กับโลหะ Cu ในสารละลาย <math>CuSO_4</math> ผลิตไฟฟ้าได้เองโดยวัดจากโวลต์มิเตอร์</p>

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่าง ข้อโต้แย้งของกลุ่ม

...ปัญหาจากสถานการณ์: ไฟดับต้องการแก้ไขปัญหานี้เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมได้

ข้อสรุป: โลหะ Zn ในสารละลาย  $ZnSO_4$  กับ Cu ในสารละลาย  $CuSO_4$  ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอ

หลักฐาน: โลหะ Zn ในสารละลาย  $ZnSO_4$  กับ Cu ในสารละลาย  $CuSO_4$  ผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยวัดจากโวลต์มิเตอร์...

จากการสังเกตข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียน จะพบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ต้องการตรวจสอบหรือจุดมุ่งหมายในการสำรวจข้อมูลร่วมกันในกลุ่มได้ แต่ยังไม่สามารถให้หลักฐานหรือข้อมูลในการสนับสนุนข้อสรุปได้สมบูรณ์ อีกทั้งการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวยังเป็น

ข้อความสั้นๆ ไม่ได้ขยายความ แต่ในขั้นนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้การสื่อสารและประเมินข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้สำรวจมา แล้วคัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือที่สุดมาเป็นข้อสรุปของกลุ่ม ส่งเสริมการประเมินค่าข้อมูลที่ใช้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ

ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม โดยผู้วิจัยทำการสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอที่หน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนมีการปรึกษาและอภิปรายข้อโต้แย้งขณะเพื่อนนำเสนออยู่ตลอดเวลา และส่วนใหญ่แสดงออกถึงความมั่นใจในการนำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มตน แต่พบว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความซับซ้อนความคิดเห็นของนักเรียนในหลายกลุ่มแตกต่างกัน ทำให้ใช้ระยะเวลามากกว่าปกติ อีกทั้งสังเกตพบว่าขณะที่เพื่อนนำเสนอข้อโต้แย้งอยู่ที่หน้าชั้นเรียน จะมีนักเรียนกลุ่มอื่นคอยถามครูผู้สอนถึงประเด็นที่ตนเองจะนำเสนอว่าถูกต้องเหมาะสมที่จะใช้เป็นข้อโต้แย้งหรือไม่

ตัวอย่าง ภาพกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3



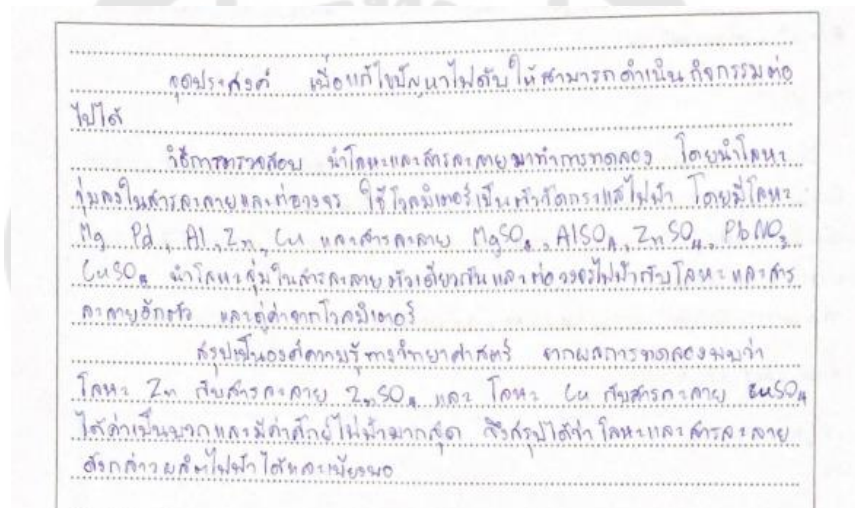
ภาพประกอบ 8 ภาพกิจกรรมการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

จากการสังเกตพบว่า กิจกรรมในขั้นตอนนี้ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาก เนื่องจากขณะทำกิจกรรมนักเรียนที่นั่งฟังกลุ่มเพื่อนนำเสนอข้อโต้แย้งนั้นให้ความสนใจและแสดงท่าทางของการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยค่อนข้างชัดเจน ดังนั้นในขั้นนี้นักเรียนจะได้รับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมาก โดยเริ่มต้นจากการนำเสนอข้อโต้แย้งจะมีการหยิบยกประเด็นข้อมูลและหลักฐานที่มีน้ำหนักมานำเสนอ หรือในช่วงที่



มีข้อมูลหรือหลักฐานที่หลากหลาย นักเรียนก็จะได้ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลและหลักฐานอีกด้วย

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนนี้ครูได้มอบหมายให้นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล โดยครูแจ้งองค์ประกอบของรายงานให้นักเรียนทราบ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะรีบลงมือเขียนรายงานในทันทีเนื่องด้วยตนเองยังมีข้อมูลที่สมบูรณ์อยู่ แต่หากนักเรียนคนใดละเลยการเขียนในช่วงนี้ไป เมื่อกลับมาเขียนรายงานพบว่าข้อมูลรายงานผลการสำรวจตรวจสอบจะไม่สมบูรณ์ ประกอบกับช่วงแรกของการจัดกิจกรรมนักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการเขียนรายงาน จึงทำให้รูปแบบการเขียนรายงานไม่ครบถ้วน ต้องได้รับคำแนะนำจากครูเพิ่มเติม



ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล

ตัวอย่าง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล พบว่านักเรียนสามารถเขียนรายงานได้เป็นรูปแบบ 3 ย่อหน้า โดยย่อหน้าที่หนึ่งกล่าวถึงจุดประสงค์ของการสำรวจ โดยเชื่อมโยงจากประเด็นของสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ย่อหน้าที่สองกล่าวถึงวิธีในการสำรวจตรวจสอบว่ามีกระบวนการอย่างไร โดยบางคนก็อธิบายเป็นความเรียง หรือบางคนก็จะเขียนเป็นลำดับขั้น และย่อหน้าสุดท้ายนักเรียนจะสรุปข้อมูลเพื่อตอบประเด็นของสถานการณ์ โดยมีการใช้หลักฐานจากการตรวจสอบมาสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง

ขั้นที่ 6 การทบทวนรายงานโดยเพื่อน ครูได้แจกรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลให้นักเรียนแบบสุ่ม โดยไม่ระบุชื่อของผู้เขียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ประเมินรายงานของเพื่อนอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องด้วยบางกิจกรรมได้ข้อสรุปในกิจกรรมการโต้แย้งร่วมกันไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้นักเรียนประเมินผลรายงานว่าดีเพราะเป็นไปตามข้อสรุปของชั้นเรียน แต่นักเรียนขาดการตรวจสอบรายละเอียดถึงองค์ประกอบของรายงานว่าครบถ้วนหรือไม่ ในขั้นตอนนี้ครูจึงต้องเน้นความสำคัญของการตรวจรายงานของเพื่อน เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการประเมินผลงานหรือข้อมูลจากรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของผู้อื่น

### ตัวอย่างแบบประเมินรายงานโดยเพื่อน

แบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเพื่อน					
เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก	
ส่วนที่ 1 เป้าหมาย					
ผู้เขียนได้แจ้งถึงปัญหาหรือสถานการณ์ที่สำรวจตรวจสอบ					
ผู้เขียนได้ทำการสำรวจสอบถามด้วยครบถ้วนหรือไม่					
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบว่าประโยชน์หรือทำให้ค้นพบสิ่งใดหรือไม่					
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ถ้ายังไม่ถึงขั้นพียงพอจากเกณฑ์ใดก็ตาม					
ส่วนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ					
ผู้เขียนมีการอธิบายถึงวิธีการทำงานของตนเองหรือไม่					
ผู้เขียนใช้วิธีการหรือกระบวนการสำรวจตรวจสอบที่ชัดเจนเหมาะสมต่อการวิจัยหรือไม่					
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ถ้ายังไม่ถึงขั้นพียงพอจากเกณฑ์ใดก็ตาม					
ส่วนที่ 3 ข้อโต้แย้ง					
ผู้เขียนได้แสดงคำอธิบายที่ชัดเจนและถือพอในการตอบประเด็นคำถามหรือสถานการณ์หรือไม่					
คำอธิบายหรือกล่าวอ้างของผู้เขียนสอดคล้องกับทิศทางเดียวกันกับการสำรวจตรวจสอบหรือไม่					
ผู้เขียนใช้หลักฐานหรือข้อมูลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่					
เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก	
ผู้เขียนมีหลักฐานเพียงพอในการสนับสนุนข้ออ้างของข้อกล่าวอ้างหรือไม่					
หลักฐานของผู้เขียนมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่					
คำอธิบายของผู้เขียนมีความเหมาะสมต่อหลักฐานหรือข้อมูลทั้งหมดหรือไม่					
การให้เหตุผลของผู้เขียนเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่					
คำอธิบายของผู้เขียนสอดคล้องกับข้อมูลการวิจัยในชั้นเรียนครบถ้วนหรือไม่					
ผู้เขียนได้แสดงข้อความในเชิงลบหรือไม่เหมาะสมออกมาหรือไม่					
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ถ้ายังไม่ถึงขั้นพียงพอจากเกณฑ์ใดก็ตาม					
การเขียนรายงาน					
เนื้อหาของรายงานแสดงความคิดของผู้เขียน และให้ข้อมูลเชิงลึกหรือไม่					
รายงานมีข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดครบถ้วนหรือไม่					
ผู้เขียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง เข้าใจง่ายเหมาะสมต่อรายงานหรือไม่					

### ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างแบบประเมินรายงานโดยเพื่อน

จากผลการตรวจแบบประเมินรายงาน พบว่า นักเรียนหลายกลุ่มประเมินรายงานอยู่ในเกณฑ์ดี โดยไม่ได้คำนึงถึงรายละเอียดของรายงานเท่าที่ควร แต่สำหรับนักเรียนที่สนใจก็จะตั้งใจอ่านรายละเอียดรายงานก่อนการประเมินทุกครั้ง และมีการแสดงความคิดเห็นต่อรายงานฉบับนั้นเล็กน้อย ถึงแม้จะเป็นเหตุผลที่ไม่ชัดเจนก็ตาม แต่อย่างไรในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้ทบทวนการ



อ่านรายงานของเพื่อเพื่อเรียนรู้ถึงรายงานที่มีคุณภาพและไม่มีคุณภาพ ช่วยส่งเสริมการประเมินข้อมูลทางเลือกที่จะนำมาใช้ในการสนับสนุนการให้เหตุผลได้

ขั้นที่ 7 การปรับปรุงรายงาน หลังผลการตรวจรายงาน รายงานจะถูกส่งกลับมาที่เจ้าของผลงาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยได้ปรับปรุงรายงาน เนื่องด้วยผลการประเมินที่อยู่ในระดับดี และแนวทางในการเขียนรายงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นักเรียนส่วนใหญ่จึงไม่ได้ปรับปรุงรายงานอีกครั้ง ดังนั้นครูจะต้องเน้นถึงความสำคัญในการตรวจรายงานเพื่อให้เกิดข้อขัดแย้งในการปรับปรุงรายงานในขั้นนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจะพบว่าขั้นตอนนี้ไม่ช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียน เพราะถ้าประเด็นที่เขียนใกล้เคียงกับของเพื่อน นักเรียนจะไม่ได้ปรับปรุงรายงานของตนเองอีกครั้ง ยกเว้นกรณีที่รายงานของตนลงข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 8 การอภิปรายและสะท้อนกลับอย่างชัดเจน หลังผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาแล้วนั้น พบว่าครูผู้สอนจะได้ประเด็นในการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นประเด็นที่ให้คุณได้พูดถึงแนวทางการสร้างองค์ความรู้ในเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าเคมีได้ ซึ่งในการอภิปรายนี้ครูจะต้องอภิปรายถึงประเด็นที่ติดค้างอยู่จากขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง ดังนั้นครูจะต้องจดบันทึกประเด็นที่เกิดขึ้นขณะจัดกิจกรรมการโต้แย้งให้ครบถ้วน ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนนี้ไม่ได้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพียงแต่ช่วยสร้างความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียน เพื่อไม่ให้เกิดการเข้าใจในทัศนคติที่คลาดเคลื่อน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนมาวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

ในส่วนของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาผลของหน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยจัดการเรียนรู้ รวม 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว เมื่อผู้วิจัยได้เริ่มเก็บข้อมูลจนครบ ได้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและโครงสร้างของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบประเด็นที่บ่งชี้ถึงการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนจากรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล ดังนี้

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิริยาที่ให้กระแสไฟฟ้า

สถานการณ์ที่กำหนด นายกันจ้งประธานนักเรียนฝ่ายกิจกรรม ได้รับมอบหมายจากอาจารย์ให้ดำเนินการจัดนิทรรศการวันวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนในฝ่ายลงความเห็นกันว่าจะมีกิจกรรมที่ใช้สารเคมีมาผลิตไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง นายกันจ้งและเพื่อนกรรมการนักเรียนจึงไปสำรวจสารเคมีในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน พบสารที่สามารถนำมาทำปฏิริยากันได้ ดังนี้ โลหะ Ag, Cu, Zn สารละลาย HCl, NaOH,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$  และ  $\text{ZnSO}_4$  นักเรียนคิดว่านายกันจ้งเลือกใช้สารคู่ใดได้บ้างที่สามารถนำมาปฏิริยากันแล้วให้กระแสไฟฟ้า

**ตัวอย่าง** รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนคนที่ 11

...จุดประสงค์ เพื่อทดลองปฏิริยาที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

วิธีการทดลอง นำคู่ของโลหะและสารละลายมาจับคู่กัน จุ่มในสารละลายที่เตรียมไว้ แล้วใช้สายไฟต่อเข้ากับหลอดไฟ เพื่อตรวจสอบว่าหลอดไฟติดหรือไม่

โลหะชนิดที่ 1	โลหะชนิดที่ 2	หลอดไฟ
Ag	Ag	ไม่สว่าง
Ag	Cu	สว่าง
Ag	Zn	สว่าง
Cu	Ag	สว่าง
Cu	Cu	ไม่สว่าง
Cu	Zn	สว่าง

ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้คู่โลหะต่างชนิดกันต่อเข้ากับหลอดไฟจะสว่างได้...

จุดประสงค์ เพื่อทดลองดูปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

วิธีทดลอง แบ่งขั้วโลหะและสารละลายมาจับคู่กัน อยู่ในหลอดไฟ

ที่เตรียมไว้ คือ ใช้สายไฟต่อเข้ากับหลอดไฟ เพื่อตรวจสอบว่าหลอดไฟติดหรือไม่

โลหะชนิดที่ 1	โลหะชนิดที่ 2	หลอดไฟ
Ag	Ag	ไม่สว่าง
Ag	Cu	สว่าง
Ag	Zn	สว่าง
Cu	Ag	สว่าง
Cu	Cu	ไม่สว่าง
Cu	Zn	สว่าง

ผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้คู่โลหะต่างชนิดกันต่อเข้ากับหลอดไฟ จะสว่าง

ภาพประกอบ 11 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

**การสะท้อนผลการวิจัย** พบว่า นักเรียนสามารถเขียนองค์ประกอบกรายงานผลการสำรวจตรวจสอบได้ โดยที่มีการอธิบายถึงจุดประสงค์ วิธีการตรวจสอบ และสรุปผลการทดลองได้โดยตรง แต่จะพบว่าเป็นคำตอบที่ตอบเฉพาะจุดประสงค์ ไม่มีการอธิบายเหตุผลหรือยกหลักการใดมาเพิ่มเติม

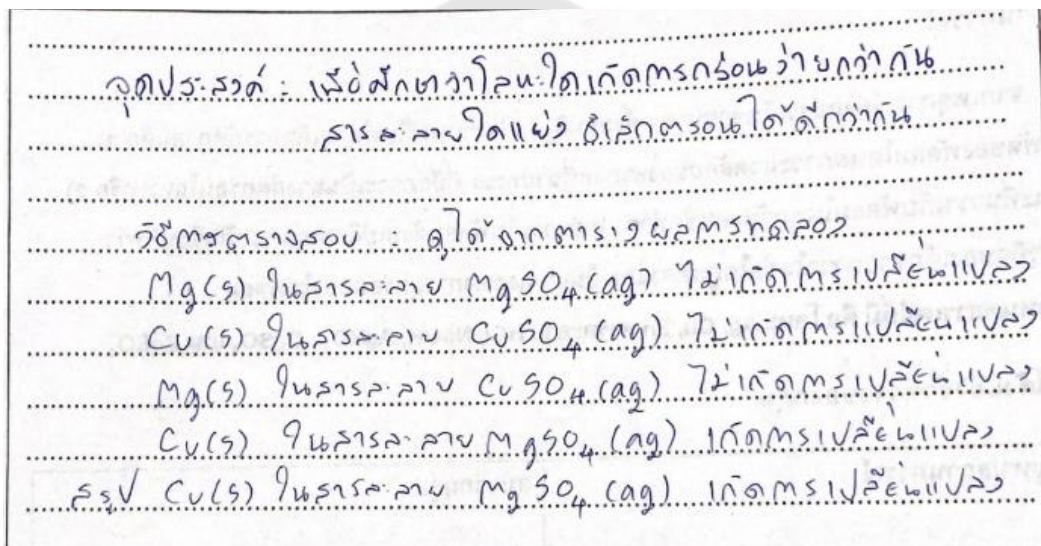
#### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความแรงของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์

สถานการณ์ที่กำหนด บ้านของนาวาเปิดร้านขายอาหารและเตียงผ้าใบอยู่ริมทะเล ในทุกเย็นนาวาจะช่วยพ่อเก็บเตียงและพัดลมอยู่เสมอ แต่หลายครั้งที่นาวาไปเก็บพัดลม เขาพบว่าใบพัดลมที่เป็นโลหะบางตัวมีร่องรอยการผุกร่อนเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ครั้ง จากเหตุการณ์ดังกล่าว เด็กชายนาวา ตั้งสมมติฐานว่าสาเหตุที่ใบพัดลมเกิดการกัดกร่อนคือ 1) ใบพัดของพัดลมโดนสภาวะแวดล้อมของอากาศที่ชายทะเล ที่มีสภาวะเป็นด่างกัดกร่อนโลหะ หรือ 2) ขณะที่นาวาเก็บ

พัฒนาในทุกวันนี้เขาเช็ดทำความสะอาดไบพัดลมด้วยเปลือกมะนาว นักเรียนคิดว่าแนวคิดของเด็กชายนาวานในข้อใดถูกต้องและเป็นสาเหตุของการผุกร่อนของไบพัดลม

\*กำหนดสารเคมีที่มี คือ โลหะ  $Fe$ ,  $Ag$ ,  $Cu$ ,  $Zn$  สารละลาย  $HCl$ ,  $NaOH$ ,  $AgNO_3$ ,  $CuSO_4$ ,  $FeNO_3$  และ  $ZnSO_4$

ตัวอย่าง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนคนที่ 40



ภาพประกอบ 12 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

...จุดประสงค์ : เพื่อศึกษาว่าโลหะใดเกิดการกร่อนง่ายกว่ากัน  
สารละลายใดแอ่งอิเล็กตรอนได้ดีกว่ากัน

วิธีการตรวจสอบ : ดูได้จากตารางผลการทดลอง

Mg(s) ในสารละลาย $MgSO_4(aq)$	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
Cu(s) ในสารละลาย $CuSO_4(aq)$	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
Mg(s) ในสารละลาย $CuSO_4(aq)$	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
Cu(s) ในสารละลาย $MgSO_4(aq)$	เกิดการเปลี่ยนแปลง
สรุป Cu(s) ในสารละลาย $MgSO_4(aq)$	เกิดการเปลี่ยนแปลง...

**การสะท้อนผลการวิจัย** พบว่า นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเรียงลำดับตามองค์ประกอบอย่างเพียงอย่างเดียวเช่นเดิม โดยไม่สามารถเขียนเรียงความเพื่อสรุปข้อมูลได้ อีกทั้งยังไม่สามารถลงข้อสรุปจากการเก็บผลการทดลองเพื่อมาตอบปัญหาของสถานการณ์ได้

ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มบทบาทครูในช่วงการจัดการเรียนการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยครูพยายามอธิบายถึงแนวทางการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ และชี้ให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญที่เกิดจากสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนบอกเล่าถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบจากสถานการณ์เพื่อมาลงเป็นข้อสรุปในรายงาน

### **แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี**

สถานการณ์ที่กำหนด ห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งเกิดเหตุการณ์ไฟดับในวันที่มีกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์นักเรียนสองคนที่ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ที่ห้องปฏิบัติการจึงต้องการแก้ไขปัญหาไฟดับนี้เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์ต่อไปได้ เด็กชายอะตอม และ เด็กหญิงนิวเคลียร์ จึงต้องการจะผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ(ระบูนิวเคลียร์ที่มีในห้องปฏิบัติการในใบกิจกรรม) โดยการสร้างเซลล์กัลวานิกเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า นักเรียนคิดว่าเด็กชายอะตอม และ เด็กหญิงนิวเคลียร์ควรสร้างเซลล์กัลวานิกอย่างไร จึงจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอต่อการให้แสงสว่าง



## ตัวอย่าง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนคนที่ 5

จากสถานการณ์ ปัญหาที่คือเด็กชายอะตอมและเด็กหญิงนิเวศีย์  
ต้องผลิตกระแสไฟฟ้าให้ทันเวลาเพื่อใช้ในการสัปดาห์วิทยาศาสตร์  
ของโรงเรียน จึงออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบโดยตั้งสมมติฐาน  
"หากค่าความต่างศักย์ของคูโลหะชนิดใดมีค่ามากที่สุด จะสามารถ  
นำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด"  
ดังนั้นจึงเริ่มทดลอง โดยนำสารละลายโลหะชนิดของโลหะมาจับคู่  
หาความต่างศักย์ที่มากที่สุด ดังนี้

$Zn(s)/Zn^{2+}(aq) // Pb^{2+}(aq)/Pb(s)$	$E^\circ = 0.30V$
$Zn(s)/Zn^{2+}(aq) // Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$	$E^\circ = 1.55V$
$Cu(s)/Cu^{2+}(aq) // Al^{3+}(aq)/Al(s)$	$E^\circ = 1.05V$
$Pb(s)/Pb^{2+}(aq) // Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$	$E^\circ = 0.28V$
$Al(s)/Al^{3+}(aq) // Pb^{2+}(aq)/Pb(s)$	$E^\circ = -0.30V$

ดังนั้นพบว่าคูโลหะระหว่าง Zn และ Cu จะให้ค่าความต่างศักย์  
สูงที่สุด คือ 1.55 V แสดงว่า เด็กชายอะตอมและเด็กหญิง  
นิเวศีย์สามารถเลือกใช้คูโลหะนี้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในขณะ  
สัปดาห์นี้ได้

ภาพประกอบ 13 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

...จากสถานการณ์ ปัญหาที่คือเด็กชายอะตอมและเด็กหญิงนิเวศีย์  
ต้องผลิตกระแสไฟฟ้าให้ทันเวลาเพื่อใช้ในการสัปดาห์วิทยาศาสตร์ของโรงเรียน เราจึงออกแบบ  
วิธีการสำรวจตรวจสอบโดยตั้งสมมติฐานว่าหากค่าความต่างศักย์ของคูโลหะชนิดใดมีค่าที่สุด  
น่าจะสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดเช่นกัน ดังนั้นจึงเริ่มทดลอง โดยนำสารละลาย  
และชนิดของโลหะมาจับคู่เพื่อหาความต่างศักย์ที่มากที่สุด ดังนี้

$Zn(s)/Zn^{2+}(aq) // Pb^{2+}(aq)/Pb(s)$	ค่าความต่างศักย์เท่ากับ 0.30 V
$Zn(s)/Zn^{2+}(aq) // Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$	ค่าความต่างศักย์เท่ากับ 1.55 V
$Cu(s)/Cu^{2+}(aq) // Al^{3+}(aq)/Al(s)$	ค่าความต่างศักย์เท่ากับ 1.05 V
$Pb(s)/Pb^{2+}(aq) // Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$	ค่าความต่างศักย์เท่ากับ 0.28 V
$Al(s)/Al^{3+}(aq) // Pb^{2+}(aq)/Pb(s)$	ค่าความต่างศักย์เท่ากับ -0.30 V

ดังนั้นพบว่าคู่อิเล็กโทรลระหว่าง Zn และ Cu ( $Zn(s)/Zn^{2+}(aq) // Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$ ) จะให้ค่าความต่างศักย์สูงที่สุด คือ 1.55 V แสดงว่า เด็กชายอะตอมและเด็กหญิงปลายฟ้าสามารถเลือกใช้คู่อิเล็กโทรลนี้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์นี้ได้....

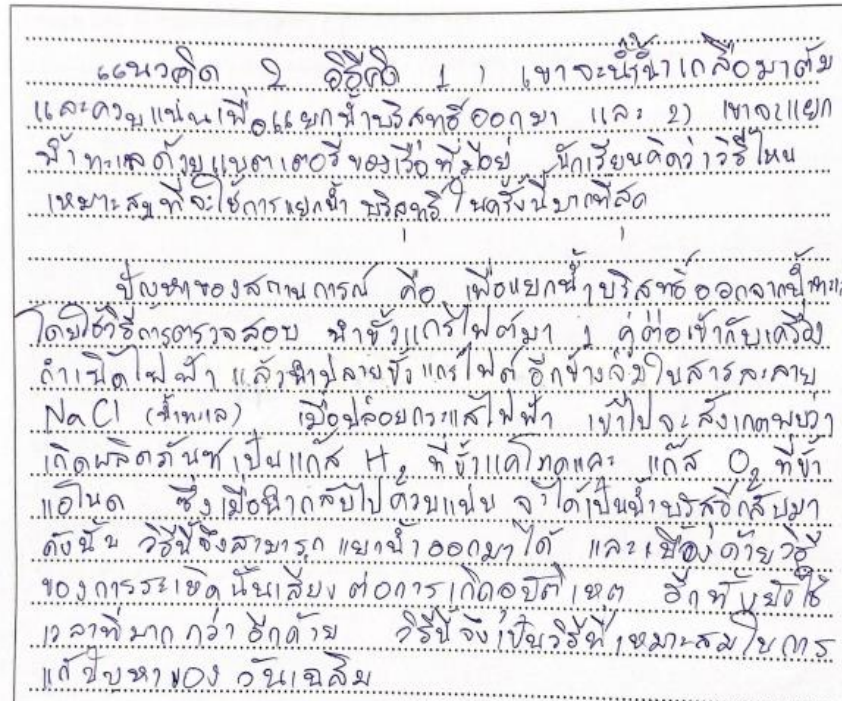
**สะท้อนผลการวิจัย** พบว่า นักเรียนหลายคนสามารถเขียนรายงานรายบุคคลได้สมบูรณ์ขึ้น สังเกตได้จากรูปแบบการเขียนมีการบอกถึงปัญหาจากสถานการณ์ได้ถูกต้อง อธิบายวิธีการตรวจสอบได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งมีการบอกผลการทดลองที่ได้เก็บรวบรวมมาเพื่อเป็นหลักฐานในการลงข้อสรุปของตนเอง นอกจากนี้จะพบว่านักเรียนหลายคนได้สรุปผลการสำรวจตรวจสอบเชื่อมโยงเข้ากับปัญหาของสถานการณ์ แสดงถึงสามารถแสดงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่ได้รวบรวมกับข้อสรุปได้ชัดเจนขึ้น

#### **แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า**

สถานการณ์ เด็กชายวันเฉลิมเป็นลูกชาวประมง เขามักจะออกไปจับปลาที่พ่อที่กลางทะเลอยู่เป็นประจำ โดยการไปแต่ละครั้งก็ใช้ระยะเวลา 3-5 วันเป็นอย่างน้อยจึงจะสามารถหาปลาขายได้เพียงพอกับค่าน้ำมันที่ใช้ออกไปจับปลาในแต่ละครั้ง ในวันหนึ่งที่นายวันเฉลิมออกไปจับปลาที่พ่อที่กลางทะเลนั้นเกิดพายุทำให้น้ำเสปียงที่เตรียมมาสำหรับใช้ดื่มกินหกหมด แต่เขายังไม่สามารถจับปลาได้เลย นายวันเฉลิมและพ่อจึงยังไม่อยากกลับบ้านไปมีเปล่า นายวันเฉลิมจึงเสนอพ่อว่าจะแยกน้ำบริสุทธิ์ออกจากน้ำทะเล เพื่อมาใช้ประทังชีวิตตลอดช่วงที่จับปลานั้น โดยมีแนวคิด 2 วิธีคือ 1) เขาจะนำน้ำเกลือมาต้มและควบแน่นเพื่อแยกน้ำบริสุทธิ์ออกมา และ 2) เขาจะแยกน้ำทะเลด้วยแบตเตอรี่ของเรือที่มีอยู่ นักเรียนคิดว่าวิธีไหนเหมาะสมที่จะใช้ในการแยกน้ำบริสุทธิ์ในครั้งนี้น่ามากที่สุด



ตัวอย่าง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนคนที่ 21



ภาพประกอบ 14 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

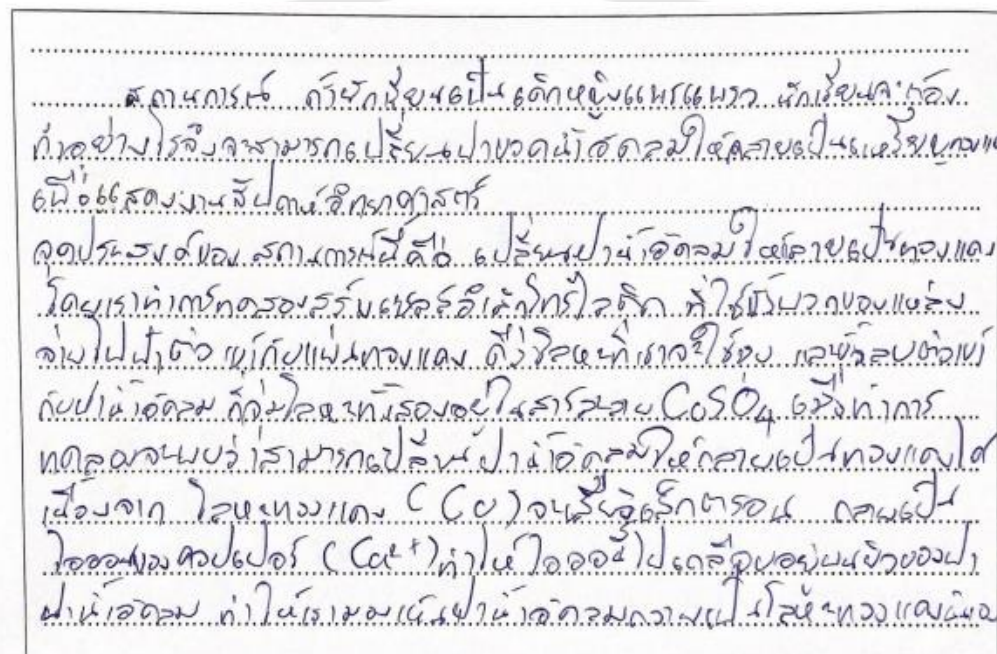
...ปัญหาของสถานการณ์ คือ เพื่อแยกน้ำบริสุทธิ์ออกจากน้ำทะเล โดยใช้วิธีการตรวจสอบ นำขั้วแกรไฟต์มา 1 คู่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า แล้วนำปลายขั้วแกรไฟต์อีกข้างจุ่มในสารละลาย NaCl (น้ำทะเล) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้า เข้าไปจะสังเกตเห็นว่าเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊ส H<sub>2</sub> ที่ขั้วแคโทดและ แก๊ส O<sub>2</sub> ที่ขั้วแอโนด ซึ่งเมื่อน้ำกลับไปที่ควบแน่นจะได้เป็นน้ำบริสุทธิ์กลับมา ดังนั้นวิธีนี้จึงสามารถแยกน้ำออกมาได้ และเนื่องด้วยวิธีของการระเหิดนั้นเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ อีกทั้งยังใช้เวลาที่มากกว่าอีกด้วย วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาของวันเฉลิม...

**สะท้อนผลการวิจัย** พบว่า นักเรียนสามารถเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลได้สมบูรณ์ ดังภาพประกอบ 14 สามารถบอกถึงปัญหาจากสถานการณ์ และอธิบายวิธีการทางเลือกที่ตนเองตรวจสอบแล้วพบว่าสามารถใช้แก้ไข้ปัญหาของสถานการณ์ได้ ในแผนการจัดการเรียนรู้นี้จะพบว่านักเรียนหลายคนสามารถประเมินทางเลือกของการตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า

สถานการณ์ที่กำหนด เด็กหญิงแพรวแพรวได้ดูการ์ตูนเรื่องเล่นแร่แปรธาตุ มีฉากที่ ตัวเอกของเรื่องเปลี่ยนธาตุเหล็กให้กลายเป็นทองแดงได้ เด็กหญิงแพรวแพรวจึงสนใจและนำเรื่องนี้ ไปบอกคุณครู เพราะต้องการทำการแสดงเรื่องนี้ในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ของโรงเรียน ถ้านักเรียนเป็นเด็กหญิงแพรวแพรว นักเรียนจะต้องทำอย่างไรจึงจะสามารถเปลี่ยนฝาน้ำอัดลม ให้กลายเป็นเหรียญทองแดง เพื่อแสดงในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์นี้

#### ตัวอย่าง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนคนที่ 6



ภาพประกอบ 15 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

...สถานการณ์ ถ้านักเรียนเป็นเด็กหญิงแพรวแพรว นักเรียนจะต้องทำอย่างไร  
จึงจะสามารถเปลี่ยนฝาน้ำอัดลมให้กลายเป็นเหรียญทองแดง เพื่อแสดงงานสัปดาห์  
วิทยาศาสตร์นี้

จุดประสงค์ของสถานการณ์นี้คือ เปลี่ยนฝาน้ำอัดลมให้กลายเป็นทองแดง  
โดยเราทำการทดลองสร้างเซลล์อิเล็กโทรไลติก ที่ใช้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟต่อเข้ากับแผ่น  
ทองแดง คือโลหะที่เราจะใช้ชุบ และขั้วลบต่อเข้ากับฝาน้ำอัดลม ที่จุ่มโลหะทั้งสองอยู่ในสาร  
ละลาย  $\text{CuSO}_4$  เมื่อทำการทดลองจะพบว่าสามารถเปลี่ยนฝาน้ำอัดลมให้กลายเป็นทองแดงได้

เนื่องจาก โลหะทองแดง (Cu) จะเสียอิเล็กตรอน กลายเป็น ไอออนของคอปเปอร์ ( $\text{Cu}^{2+}$ ) ทำให้ ไอออนนี้ไปเคลือบอยู่บนผิวของฝาน้ำอัดลม ทำให้เรามองเห็นฝาน้ำอัดลมกลายเป็นโลหะทองแดง นั่นเอง....

**สะท้อนผลการวิจัย** พบว่า จากสถานการณ์ที่ให้นักเรียนศึกษาถึงการชุบโลหะนี้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำกิจกรรมได้ดี และสามารถเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ ได้ดีมากขึ้น มีการแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ถึงกระบวนการที่ทำให้สามารถชุบโลหะได้ แสดง ถึงนักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์กับข้อสรุปของตนเองได้

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การผุกร่อนของโลหะ

สถานการณ์ที่กำหนด ก๊อกน้ำเหล็กที่บ้านของเด็กชายต้นกล้าเกิดสนิมขึ้น บ่อยครั้ง ทำให้คุณพ่อต้องเปลี่ยนอยู่บ่อยๆ ไม่ถึง 1 เดือนก็เกิดสนิมทำให้ตัวก๊อกน้ำผุกร่อนลง ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายต้นกล้า นักเรียนจะมีแนวทางหรือวิธีในการป้องกันการเกิดสนิมของก๊อกน้ำ อย่างไร เพื่อช่วยคุณพ่อประหยัดเงินและเวลาในการเปลี่ยนก๊อกน้ำ

**ตัวอย่าง** รายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนคนที่ 26

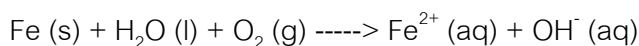
จากสถานการณ์พบว่า ปัญหาของพ่อเด็กชายต้นกล้า คือ ต้องการป้องกันสนิมของก๊อกน้ำ จากตรรกศาสตร์คิดว่า พบว่า ปัจจัยหลักที่ทำให้โลหะเกิดสนิมหลักคือ ออกซิเจน และน้ำ ดังสมการ  $\text{Fe}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{OH}^-(aq)$  เราจึงสามารถป้องกันสนิมได้หากป้องกันปัจจัยที่ทำให้เกิดสนิม ซึ่งแนวทางในการป้องกันสนิมมีหลายวิธี อาทิเช่น การเคลือบสีน้ำมัน วิธีทาสีทอติก หรือวิธีรมดำ เป็นต้น

สรุป เกิดก๊อกใช้วิธีทาสีน้ำมัน ทาสีเคลือบมันผิวของก๊อกน้ำ ซึ่งจะทำให้ผิวของก๊อกน้ำไม่สัมผัสกับออกซิเจนและน้ำโดยตรง ดังนั้นจึงจะช่วยป้องกันการเกิดสนิมได้ และเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก

ภาพประกอบ 16 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6



...จากสถานการณ์พบว่าปัญหาของเด็กชายต้นกล้าคือต้องการป้องกันสนิมของก๊อกน้ำ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้โลหะเกิดสนิมเหล็กคือ อากาศและน้ำ ดังสมการ



เราจึงสามารถป้องกันสนิมได้หากป้องกันปัจจัยที่ทำให้เกิดสนิมซึ่งแนวทางในการป้องกันสนิมมีหลายวิธี อาทิเช่น การเคลือบสีน้ำมัน วิธีการแคโทดิก หรือวิธีรมดำ เป็นต้น

สรุป เลือกใช้วิธีทาสีน้ำมันมาทาเคลือบบนผิวของก๊อกน้ำ ซึ่งจะทำให้ผิวของก๊อกน้ำไม่สัมผัสกับอากาศและน้ำโดยตรง ฉะนั้นจึงจะช่วยป้องกันการเกิดสนิมได้ และเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก...

**สะท้อนผลการวิจัย** พบว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดเป็นเรื่องที่นักเรียนเข้าใจได้ง่าย หรือก็คือการเคยพบเจออยู่ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนกล้าแสดงเหตุผลและแนวทางมากขึ้นจึงพบว่านักเรียนหลายคนสามารถประเมินวิธีการเพื่อลงข้อสรุปได้ โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสนับสนุนทางเลือกที่ตนเองได้เลือกมาอย่างสมเหตุสมผล แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

ประเด็นอื่น ๆ ที่พบจากการใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีดังนี้

1) นักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับอ่อน ต้องให้คำแนะนำมากเป็นรายกรณีบุคคล พบว่านักเรียนกลุ่มนี้ใช้เวลาช้านานกว่ากลุ่มทั่วไป สังเกตได้จากกิจกรรมขั้นที่ 2 สืบค้นและรวบรวมข้อมูล นักเรียนจะใช้เวลาในการวางแผนการตรวจสอบนานกว่ากลุ่มอื่น รวมไปถึงการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลก็จะต้องได้รับคำแนะนำอยู่เสมอ

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรม มีจำนวนมากเป็นขนาดกลุ่มใหญ่ (41 คน) เมื่อแบ่งเป็นกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมทำให้มีจำนวนกลุ่มมาก เวลาที่ทำกิจกรรมในบางครั้งทำให้ครูผู้สอนไม่สามารถเข้าไปให้คำแนะนำได้ครบทุกกลุ่ม

3) ข้อมูลจากขั้นที่ 2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลของนักเรียนแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ทำให้การอภิปรายต้องใช้เวลามากขึ้น ฉะนั้นเพื่อให้ทันเวลาครูจึงต้องแก้ปัญหาโดยการเลือกบางกลุ่มมานำเสนอ ทำให้ทุกกลุ่มอาจไม่ได้แสดงบทบาทการโต้แย้ง อภิปรายอย่างเต็มที่

4) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบในช่วงแรกนักเรียนยังไม่สามารถเขียนได้ แต่หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบได้สมบูรณ์ขึ้น

5) ในขั้นที่ 5 การประเมินรายงานโดยเพื่อ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความสำคัญและประเมินรายงานเพื่อนให้อยู่ในระดับดี ส่งผลให้นักเรียนที่ได้รับผลการประเมินรายงานกลับมาไม่ได้มีการพัฒนาแก้ไขปรับปรุงรายงานของตนเองอีกครึ่ง

การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยการแสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะเกิดการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยรูปแบบนี้ให้ความสำคัญกับการอภิปรายถึงประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจากกลไกของกระบวนการสืบเสาะและการโต้แย้ง ผ่านกระบวนการทางสังคม ซึ่งผ่านการตีความของข้อมูล หลักฐานต่าง ๆ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปฏิบัติการเป็นฐาน (Walker and Sampson, 2013, p. 563)

ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน เพื่ออธิบายเป็นข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นจะพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งช่วยฝึกให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานในขั้นระบุมาระงาน อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการสำรวจตรวจสอบในขั้นการสำรวจและรวบรวมข้อมูล เช่นเดียวกับงานวิจัยของวรัญญา จำปามูล (2555) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผล พบว่าถูกพัฒนาขึ้นจากกิจกรรมการสอน 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นระบุมาระงาน ที่นักเรียนได้ฝึกจากกระบวนการตั้งสมมติฐาน ที่ใช้ความรู้เดิมเข้ามาสร้างข้อสมมติฐานขึ้น (2) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลจากการนำข้อมูลหลักการทางวิทยาศาสตร์ การรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง มาเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุป และ (3) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนได้รับการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการตรวจสอบและประเมินข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้ง ผ่านการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hogan, Nastasi and Pressley (2000) ที่พบว่ากิจกรรมการโต้แย้งที่นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการประเมินข้อโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลได้

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้สรุป อภิปรายผลและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยเรื่อง ผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไว้ดังนี้

#### คำถามวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามวิจัยไว้ว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้หรือไม่อย่างไร

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด
2. เพื่อศึกษาขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
3. เพื่อเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด
4. เพื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) กับเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70

### สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงคะแนนจุดตัด
2. ขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมีสูงกว่าคะแนนจุดตัด
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70

### ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

#### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 6 ห้อง รวมทั้งสิ้นจำนวน 238 คน

#### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 41 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience sampling)

#### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่
  - 1.1 หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
2. ตัวแปรตาม แบ่งเป็นดังนี้
  - 2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยมีเนื้อหาย่อย ดังนี้ ปฏิบัติการรีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิก เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

### เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่องไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 6 แผน รวมทั้งหมด 18 ชั่วโมง
2. แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเป็นแบบทดสอบแบบอธิบายคำตอบ รวมทั้งสิ้น 10 ข้อ
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือ 3 ตัว คือ 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ทั้งหมด 6 แผน โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
2. ดำเนินการทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โดยดำเนินการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ ADI เรื่องไฟฟ้าเคมี เป็นเวลา 18 ชั่วโมง และเก็บผลการทดสอบหลังเรียนของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ทำการตรวจให้คะแนนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาคะแนนจุดตัด และการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ค่าขนาดอิทธิพลของ Cohen's d และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

## สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) โดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ขนาดอิทธิพลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้อยู่ในระดับสูง

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการแบ่งประเด็นในการนำเสนอเป็น 3 ประเด็น ดังนี้ คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ขนาดอิทธิพล และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี

### 1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษา พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เป็นไปตามสมมติฐาน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Acar and Patton (2012) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยมีการโต้แย้งเป็นฐานในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ยังไม่มีการวิจัยใดกล่าวถึงการเทียบกับคะแนนจุดตัด และยังไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sampson et al. (2010) ที่ศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่าสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลของนักเรียนในรายวิชาเคมีได้ เนื่องจากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีแนวการสอนแบบสืบเสาะและใช้สถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการโต้แย้ง ส่งเสริมให้นักเรียนลงข้อสรุป สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ด้วยหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล จากการให้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีขั้นตอนทั้งหมด 8 ขั้นตอน คือ 1) การระบุภาระงาน 2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) กิจกรรมการโต้แย้ง 5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ 6) การทบทวนรายงานโดยเพื่อน 7) การปรับปรุงรายงาน และ 8) การอภิปรายและการสะท้อนกลับอย่างชัดเจน ผลการวิจัยดังกล่าวสามารถวิเคราะห์หลักการและเหตุผลในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยกระบวนการในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุภาระงาน ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์และรูปภาพเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนตลอดไปจนถึงการตรวจสอบความรู้เพื่อของนักเรียน ร่วมกับการใช้คำถามที่เหมาะสมให้กับซึ่งมีลักษณะที่นักเรียนต้องวิเคราะห์คำถามจากสถานการณ์ทำให้เกิดความสนใจนำไปสู่การอภิปรายด้วยเหตุผล ที่สามารถตรวจสอบข้อเท็จจริงได้ เพื่อเตรียมที่จะมอบหมายภาระงานในการจัดกิจกรรมต่อไป สอดคล้องกับ Walker and Sampson (2013, p. 565) ที่กล่าวว่า การที่ครูใช้คำถามและชี้แจงจุดประสงค์ที่ดีจะช่วยให้เด็กเกิดการสืบเสาะเพื่อหาหลักฐานนำมาสู่การสรุปที่เหมาะสมและถูกต้องที่พบว่าการใช้คำถามที่เหมาะสมในขั้นการกระตุ้นผู้เรียนเพื่อให้เกิดจะช่วยสร้างความสนใจและชักนำให้นักเรียนอยากที่จะสืบค้นหาคำตอบจากปัญหาหรือสถานการณ์นั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยสังเกตพบว่าเมื่อครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด นักเรียนจะสามารถ ได้คาดคะเนถึงประเด็นที่ครูกำหนดให้ได้โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนำไปสู่การระบุสมมติฐาน ที่จะนำไปสู่การตรวจสอบต่อไป

ขั้นที่ 2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล หลังจากที่ได้รับมอบหมาย สถานการณ์ พบว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นนี้ครูจะมีหน้าที่คอยให้คำแนะนำสำหรับการ ตรวจสอบ ตลอดจนการนำให้นักเรียนเข้าใจประเด็นที่ศึกษามากที่สุด ซึ่งขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียน ได้ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล ตลอดจนศึกษาหาความรู้จากหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยพบว่าเมื่อนักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบประเด็นที่ได้รับมอบหมาย จากการ สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะมีความกระตือรือร้น แสดงออกถึงความใฝ่ ใจเพื่อจะตรวจสอบข้อเท็จจริง และภายหลังจากการตรวจสอบเมื่อพบข้อมูลที่ไม่ตรงกัน หรือข้อมูลไม่ เป็นไปตามทฤษฎีนักเรียนจะพยายามอธิบายถึงข้อมูลที่ตนเองค้นพบ ผนวกกับใช้กระบวนการ กลุ่มส่งผลให้นักเรียนมีการอภิปรายกันโดยใช้หลักฐานที่พบมาอ้างอิงกันมากขึ้น สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Cavagnetto (2010) กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้ลงมือสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และใช้ข้อมูลหลักฐาน ที่ได้จากการรวบรวมมาสร้างข้อกล่าวอ้าง โดยมีหลักฐานมาให้เกิดผลอย่างสมเหตุสมผล และ นำไปเป็นประเด็นการโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่ถูกต้องต่อไป

ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ครูแจกกระดาษให้นักเรียนเพื่อนำข้อมูลที่ ได้จากการทดลองหรือสืบค้นมาสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ 1) ปัญหา หรือสถานการณ์ที่ต้องการตรวจสอบที่ครูมอบให้ในขั้นแรก 2) ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป เป็น คำตอบของคำถามในขั้นการระบุภาระงาน เป็นข้อยืนยัน และสันนิษฐาน สาเหตุหรือคำตอบของ ปรัชญาการที่ศึกษา และ 3) หลักฐาน เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการตรวจสอบหรือผลของ การทดลองที่ได้เพื่อสนับสนุนข้อสรุป หลังจากทีนักเรียนได้ข้อมูลจากขั้นที่ 2 แล้วนั้น สมาชิกใน กลุ่มจะร่วมกันสรุปข้อมูลเพื่อสร้างเป็นข้อกล่าวอ้างของกลุ่ม ซึ่งขั้นตอนนี้สะท้อนผลการวิจัยว่า การที่นักเรียนจะร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพราะแต่ละคนจะเกิดมุมมองในการสำรวจตรวจสอบที่ แตกต่างกัน ทำให้นักเรียนได้แสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการอ้างสิทธิ์และหลักฐานที่ มองเห็นร่วมกันในกลุ่มเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Cetin and Eymur (2017) กล่าวว่า การสร้าง ข้อกล่าวอ้างที่เป็นแนวทางในการสร้างการทดลองหรือการสำรวจเพื่ออธิบายคำตอบนั้น เพิ่มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมุ่งเน้นกับการลงข้อสรุป ปลายทางว่ามีความสัมพันธ์กันในระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน ถูกรองรับด้วยเหตุผลที่สนับสนุนกัน ผู้วิจัยพบว่า ขั้นนี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีแบ่งปัน วิจาร์ณแนวคิดหรือข้อสรุปจาก การแลกเปลี่ยนองค์ความรู้กัน อีกทั้งยังฝึกให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ประเมินข้อมูลที่ได้จากการ

ตรวจสอบ แล้วนำมานำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อชักจูงให้เพื่อนและคนอื่นเชื่อในข้อกล่าวอ้างของตน นักเรียนจึงได้รับการพัฒนาการประยุกต์ใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการสื่อสาร เพื่อโน้มน้าวผู้อื่น รวมไปถึงการยืนยันให้ผู้อื่นเชื่อในข้อกล่าวอ้างของตน ซึ่งให้เห็นว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อได้แสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น และมีการประเมินข้อดีของความคิดเห็นที่แข่งขันกัน กิจกรรมนี้นักเรียนได้แยกแยะข้อโต้แย้งว่าเป็นข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หรือข้อโต้แย้งที่พิจารณาจากหลักฐานอื่น ๆ และมีการคัดเลือกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมจากเหตุผลที่ได้รับ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงงานของตนเองและลงข้อสรุปที่ถูกต้อง (Sampson et al., 2009, p. 44) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ จิราวัฒน์ แสงสร และคณะ (2560, น. 14-26) ที่แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการโต้แย้งช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนได้เรียนรู้การสื่อสาร แบ่งปันผลงานของตนเองเพื่อเผยแพร่สู่ผู้อื่น ซึ่งการจะสร้างเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีต้องสามารถทำความเข้าใจกับงาน นำมาซึ่งการรู้ได้อย่างไร และเหตุผลที่มาของตัวเลือกในการลงข้อสรุปของตน ในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเขียนรายงานผลการตรวจสอบรายบุคคลเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เริ่มต้นที่แผนแรก นักเรียนแสดงถึงองค์ประกอบในการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบไม่ครบถ้วน แต่เมื่อเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อไป พบว่านักเรียนเริ่มสามารถเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบได้ดีขึ้น มีองค์ประกอบและใจความสำคัญได้สมบูรณ์ขึ้นตามที่รายงานไว้ในบทที่ 4 จากการตรวจผลรายงานผลการสำรวจตรวจสอบข้างต้น จะพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบได้ดีขึ้น สามารถแสดงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์ขึ้น ตลอดจนนักเรียนสามารถประเมินทางเลือกในการตัดสินใจเพื่อลงข้อสรุป และใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้อย่างถูกต้อง แสดงถึงการมีพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sampson et al. (2010, p. 10-16) ที่พบว่าภายหลังการทดลอง นักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งได้คะแนนเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ที่วัดจากการเขียนรายงานวิชาปฏิบัติการเคมีสูงกว่ารายงานแต่ละครั้งระหว่างเรียนจำนวน 5 ครั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบโดยเพื่อน เป็นการทบทวนรายงานเพื่อให้แน่ใจถึงรายงานที่มีคุณภาพขั้นนี้ นักเรียนจะมีโอกาสได้เห็นตัวอย่างรายงานที่แข็งแกร่งและอ่อนแอ ฉะนั้นนักเรียนจึงได้ปรับปรุงความสามารถในการเขียนรายงานของตนเองให้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้



แต่จากการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความสำคัญกับขั้นตอนนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ประเมินคุณภาพรายงานของเพื่อนอยู่ในระดับดี ซึ่งแตกต่างจากที่ครูประเมินเบื้องต้น เนื่องจากนักเรียนมีมุมมองที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น หากรายงานของเพื่อนมีแนวโน้มข้อสรุปคล้ายของตน ก็จะได้รับประเมินที่ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Enderle Grooms and Sampson (2012) พบว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จะมีความสามารถในการสร้างและประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดี ฉะนั้นหากนักเรียนเรียนรู้และเข้าใจเกณฑ์การประเมินแล้วนั้นจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองได้สูงขึ้น

ขั้นที่ 7 การปรับปรุงรายงาน เป็นโอกาสที่นักเรียนฝึกความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ดังนั้น นอกจากจะเพิ่มพูนประสบการณ์ในการลงข้อสรุปแล้ว นักเรียนยังมีโอกาสปรับปรุงข้อสรุปให้มีคุณภาพสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sampson et al. (2010, p. 10-16) ที่พบว่าภายหลังการทดลอง นักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนการเขียนรายงานเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ารายงานแต่ละครั้งระหว่างเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .001 แต่เนื่องด้วยผลสืบเนื่องจากการประเมินโดยเพื่อนที่นักเรียนส่วนใหญ่ค่อนข้างประเมินผลรายงานได้ดี ทำให้เมื่อนักเรียนได้รับผลการประเมินรายงานกลับมาจึงไม่ค่อยได้ปรับปรุงรายงานนั้นเท่าที่ควร ยกเว้นแต่กรณีที่นักเรียนถูกประเมินในเรื่องของการลงข้อสรุปที่ไม่ถูกต้องสมเหตุสมผล ก็จะทำการปรับปรุงรายงานของตนเองอีกครั้ง ฉะนั้นผู้วิจัยมองว่าถ้านักเรียนได้ทำการปรับปรุงรายงานของตนก็จะช่วยให้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในข้อสรุปของตนเองชัดเจนยิ่งขึ้น ฉะนั้นในขั้นตอนนี้ครูจะต้องเน้นความสำคัญของการประเมินผลงานเพื่อน เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่นำมาสู่การลงข้อสรุป ตลอดจนนำไปสู่การประเมินค่าของข้อมูลว่ามีความน่าเชื่อถือ และเพียงพอที่จะนำมาใช้ลงข้อสรุปหรือไม่

และขั้นที่ 8 การอภิปรายและสะท้อนกลับอย่างชัดเจน เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบวิธีการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในชั้นเรียน รวมไปถึงการประเมินข้อสรุปและหลักฐานที่ปรากฏเพื่อยืนยันสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นร่วมกัน ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้สะท้อนกลับถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับข้อสรุปในชั้นเรียนร่วมกันอีกครั้ง จากการสังเกตพบว่านักเรียนที่อ่อนที่สุดในกลุ่มจะพบปัญหาในการสรุปข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน ฉะนั้นในขั้นนี้ผู้วิจัยจึงต้องใช้เวลามากกว่าปกติเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจในทฤษฎีและหลักการเนื้อหาใน

แผนนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศพล สุวรรณพุ่ม (2562) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนกลุ่มที่มิโนทัศน์ขาดไปในบางส่วนของเนื้อหา จะได้ปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้อง โดยครูควรเป็นผู้นำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในชั้นเรียน

อีกทั้งเมื่อพิจารณาข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในช่วงแรก โดยเฉพาะการแยกความแตกต่างระหว่างหลักฐานและข้อมูลมาใช้สนับสนุนเป็นเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จึงน่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อพิจารณาจากการตรวจรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลพบว่านักเรียนสามารถใช้ผลการทดลองหรือข้อมูลที่รวบรวมมาได้เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลได้ดีขึ้นเป็นลำดับ ฉะนั้นจากผลการตรวจรายงานจึงเป็นเครื่องยืนยันว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศพล สุวรรณพุ่ม (2562) ที่พบว่านักเรียนสามารถเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลได้ แต่ครูผู้สอนควรจัดสรรเวลาให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเขียนรายงาน เนื่องจากนักเรียนต้องการเวลาในการจัดการข้อมูลที่มีอยู่และข้อมูลที่จะเขียนได้ในรายงาน

## 2. ขนาดอิทธิพล

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าค่าขนาดอิทธิพลของผลคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าอยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่า หน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) มีอิทธิพลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับปานกลาง ดังงานวิจัยของ สันติชัย อนุวรชัย (2553, น. 127) ที่ศึกษาการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล โดยมีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 2.04 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีพื้นฐานของแนวคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้สรคณิยมทางสังคม (Bransford Brown and Cocking, 1999; Glaserfeld, 1989; Tobin, 1993, อ้างถึงใน Walker



and Sampson, 2013, p. 562) ซึ่งช่วยให้ครูได้เปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบการสำรวจ ตรวจสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ได้ใช้เหตุผลเพื่อสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่นใน กิจกรรมการโต้แย้ง รวมถึงส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นด้วย

### 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) หลังเรียนสูงกว่าจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ แสดงว่า การจัดการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน โดยสามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรัญญา จำปามูล (2555) ที่ได้ทำการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 64.67 จัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ณรงค์ชัย พงษ์ธนะ (2559, น. 86) ที่จัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้ง และประเมินสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ภาคพร อิศระ (2557, น. 86) ที่กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยง ความรู้กับประสบการณ์เดิมโดยใช้การพิจารณาข้อมูลหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนจนเกิดเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จึงช่วยเพิ่มความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Maclellan and Soden (2004) ที่ว่าการสร้างความรู้ตามทฤษฎีสรคณนิยมไม่ใช่เพียงการได้รับความรู้จากสิ่งรอบตัวหรือแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้เท่านั้น แต่เป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือการแลกเปลี่ยนประสบการณ์เรียนรู้ระหว่างบุคคล

จากผลการทดลองทั้งในส่วนของคุณภาพในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีสัมพันธ์กัน โดยการให้เหตุผล

เชิงวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเคมี ซึ่งพบว่ากลุ่มที่มีผลคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงเป็นกลุ่มเดียวกับนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณรงค์ชัย พงษ์ธนะ (2559, น. 97) ที่ใช้การสอนแบบโต้แย้งและประเมินต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยตรง เนื่องด้วยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่นำไปสู่การสร้างความรู้อันเป็นส่วนหนึ่งของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย ในการจัดการเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นี้ นักเรียนจะมีกระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยเริ่มจากการสืบค้น ทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลและสรุปผลการทดลองจากข้อมูลดังกล่าว แล้วนำไปสู่กิจกรรมการโต้แย้ง ฉะนั้นนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จะพบว่าข้อมูลที่เป็นหลักฐานที่ได้จากการทดลองไม่เป็นไปตามข้อกล่าวอ้างของตน จึงนำไปสู่การปรับและสร้างองค์ความรู้ขึ้นใหม่

จากการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้อยู่ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยการแสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะเกิดการพัฒนาผ่านรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยรูปแบบนี้ให้ความสำคัญกับการอภิปรายถึงประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจากกลไกของกระบวนการสืบเสาะและการโต้แย้ง ผ่านกระบวนการทางสังคม ซึ่งผ่านการตีความของข้อมูลหลักฐานต่าง ๆ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปฏิบัติการเป็นฐาน (Walker and Sampson, 2013, p. 563). ซึ่งพบว่าอาจนำมาปรับใช้ได้ยากกับนักเรียนไทย เนื่องด้วยรูปแบบการจัดการเรียนการสอนของประเทศไทยยังคงเน้นครูเป็นศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนไทยเคยชินกับการเป็นฝ่ายรับความรู้เพียงอย่างเดียว นักเรียนจะไม่คุ้นเคยกับการแสดงบทบาทในการสำรวจตรวจสอบเท่าที่ควร ฉะนั้นการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่เข้าถึงง่ายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างเต็มที่ ซึ่งพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งช่วยฝึกให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานในชั้นระบุนภาระงาน อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการสำรวจตรวจสอบในชั้นการสำรวจและรวบรวมข้อมูล เช่นเดียวกับงานวิจัยของวรัญญา จำปามูล (2555) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผล พบว่าถูกพัฒนาขึ้นจากกิจกรรมการสอน

3 ขั้นตอน คือ (1) ชั้นบูรณาการงาน ที่นักเรียนได้ฝึกจากกระบวนการตั้งสมมติฐาน ที่ใช้ความรู้เดิม เข้ามารสร้างข้อสมมติฐานขึ้น (2) ชั้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลจากการนำ ข้อมูลหลักการทางวิทยาศาสตร์ การรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง มาเชื่อมโยงหลักฐานกับ ข้อสรุป และ (3) ชั้นกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนได้รับการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ โดยการตรวจสอบและประเมินข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้ง ผ่านการ อภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hogan, Nastasi and Pressley (2000) ที่ พบว่ากิจกรรมการโต้แย้งที่นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการประเมินข้อโต้แย้งสามารถพัฒนา ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลได้ นอกจากนี้จากงานวิจัยพบว่าในชั้นกิจกรรมการโต้แย้ง เมื่อ นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความคิดเห็นที่หลากหลาย ส่งผลให้ครูต้องแสดงบทบาทในการจัดการเพื่อ ควบคุมสถานการณ์ในชั้นเรียนให้เป็นไปในแนวทางที่กำหนด เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ทศพล สุวรรณพุดม (2562) ที่พบรูปแบบความคิดเห็นที่แตกต่างกันในชั้นเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม โดยครู จะต้องพยายามเชื่อมโยงความคิดเห็นจากผลการสำรวจตรวจสอบในชั้นเรียน รวมไปถึงการ เชื่อมโยงแลกเปลี่ยนในทัศนที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนพูดถึง พร้อมอภิปรายเชิงสะท้อนร่วมกับ นักเรียนอีกครั้ง ดังนั้นครูจะต้องมีความพร้อมในการดำเนินการจัดกิจกรรมในรูปแบบการสืบเสาะที่ ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อให้การจัดกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลได้ อย่างเต็มประสิทธิภาพ

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ อย่างไรก็ตาม ครูผู้สอนที่จะนำไปใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการ ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ควรคำนึงถึงในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ในงานวิจัยพบว่าบางชั้นตอนนักเรียนส่วนใหญ่มาสามารถปฏิบัติตาม เป้าหมายของผู้สอน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอน ครูจะต้องสร้างความเข้าใจเพื่อให้นักเรียน ตระหนักถึงความสำคัญในการเข้าร่วมกิจกรรมทุกชั้นเพื่อให้ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เกิด ประโยชน์สูงสุด เช่นควรอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับแบบบันทึกในใบงานต่าง ๆ ให้นักเรียนเข้าใจ ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ พร้อมยกตัวอย่างที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย รวมไปถึงการตรวจสอบ โดยเพื่อนที่จะให้นักเรียนได้ประเมินรายงานผลการสืบเสาะของเพื่อน

1.2 ชั้นกิจกรรมการโต้แย้ง เป็นชั้นที่ควรกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง แต่นักเรียนจะไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นเนื่องจากในบางครั้งก็ไม่มั่นใจในข้อมูลของตนเอง ฉะนั้นครูอาจจะเพิ่มเทคนิคเพื่อให้นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น เช่นการใช้วิธีการเขียนส่งข้อความหรือข้อโต้แย้งในกระดาษเพื่อให้ครูเป็นผู้เปิดประเด็นให้ก่อน นักเรียนจะได้กล้าแสดงออกมากขึ้น

1.3 การจัดการเรียนการสอนในชั้นอภิปรายและสะท้อนกลับเป็นชั้นที่สำคัญต่อการเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพราะนักเรียนได้ทบทวนและฝึกฝนทำแบบฝึกหัดในบางเรื่อง เนื่องด้วยนักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันจึงต้องใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันหรือไม่ควรควรหารูปแบบหรือวิธีการที่จะส่งเสริมการเรียนรู้ของเด็กแต่ละกลุ่มให้แตกต่างกัน เช่นเพิ่มภาระงาน หรือการบ้าน ให้นักเรียนกลับไปทบทวน

1.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน สำหรับกิจกรรมการสืบค้นจะต้องใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างมาก สำหรับนักเรียนกลุ่มอ่อนจะต้องได้รับคำแนะนำ ฉะนั้นครูควรออกแบบกิจกรรมที่ใช้เวลาไม่มาก และนักเรียนสามารถตรวจสอบได้เพื่อกระชับเวลาไปเสริมในชั้นตอนอื่น

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่ใช้เนื้อหาเรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่าเนื้อหาในเรื่องนี้เป็นเนื้อหาที่มีการทดลองที่หลากหลาย มีตัวแปรที่หลากหลายให้ตรวจสอบ และเมื่อทดลองแล้วสามารถเห็นผลได้จริง มีความเหมาะสมกับรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรเลือกเนื้อหาที่มีลักษณะบูรณาการเข้ากับปฏิบัติการได้อย่างหลากหลาย ตรวจสอบได้จริง แต่ไม่ควรเป็นเนื้อหาที่ต้องใช้แหล่งเรียนรู้วิธีการ หรืออุปกรณ์ที่ซับซ้อนและยากต่อการเข้าถึงมากเกินไป พร้อมทั้งควรเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่ดึงดูดความสนใจและเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาได้ง่าย

2.2 จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ(กลุ่มเด็กอ่อน) ไม่สามารถแสดงการโต้แย้งหรืออภิปรายร่วมกับเพื่อนได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรจัดกลุ่มให้เด็กที่มีความสามารถใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันเพื่อให้นักเรียนกล้าที่จะแสดงความสามารถออกมาได้อย่างเต็มที่ หรือทำการวิจัยเจาะจงไปที่นักเรียนกลุ่มเก่ง หรือห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ

## บรรณานุกรม

- Aca, and Patton. (2012). Argumentation and formal reasoning skills in as argumentation based guided inquiry course. *Procedia-Socio and Behavioural Science*, 46, 4756-4760.
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., and Liu, Q. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science Magazine*, 323(5914), 586-587.
- Brandon, A. F., and All, A. C. (2010). Constructivism theory analysis and application to curricula. *Nursing Education Perspective*, 31(2), 89-92.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument intervention in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336-371.
- Cetin, P. S., and Eymur, G. (2017). Developing students' scientific writing and presentation skills through argument driven inquiry: An exploratoru study. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 837-843.
- Chinn, C. A., and Malhotra, B. A. (2002). Chilsren's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94, 327-343.
- Chris, B. (2017). The effect size in education research: What is it & How to use it? *Illuminate education*. Retrieved from <http://www.illuminateed.com/blog/2017/06/effcet-size-educational-research-use/>.
- Enderle, P., Grooms., J., and Sampson, V. (2012). *Argument focused Instruction and science proficiency in middle and high school classroom*. USA: Indianapolis.
- Gibbo, F.-., and Carol, T. (1987). *How to design a program evaluation*. Newbury Park: Sage.
- Giere, R. N. (1991). *Understanding scientific reasoning*. Florida: Holt: Rinehart and Winston, Inc.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill.

- Holyoak, K. J., and Morrison, R. G. (2005). *The Cambridge handbook of thinking reasoning*. USA: Cambridge University press.
- Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of learning in science*. In *handbook of formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw Hill.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84, 71-94.
- Lawson, A. E. (1982). The reality of general cognitive operations. *Science Education*, 66, 229-241.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and Development of Thinking*. California: Wadsworth.
- Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypothetic-predictive argumentation with implication for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25, 1387-1408.
- Lawson, A. E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific in Thai. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 71.
- Lawson, A. E. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Journal of Research in Science Teaching*, 94, 336-364.
- Lawson, A. E., Banks, D. L., and Logvin, M. (2007). Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 706-724.
- MacLellan, E., and Soden, R. (2004). The Importance of Epistemic Cognition in Student-Centered Learning. *Instruction Science*, 32, 253-268.
- Mayer, R. E. (2003). *Learning and instruction*. USA: Pearson Education, Inc.
- McInerney, D. M., and McInerney, V. (2002). *Educational psychology: constructing learning*. 3<sup>rd</sup> ed. Australia: Peason Education Australia Pty Limited.



- Morris, B. J., Masnick, A. M., Zimmerman, C., and Croker, S. (2012). *The emergence of scientific reasoning*. INTECH Open Access Publisher.
- Norris, S. P., and Phillips, L. M. (2003). How Literacy in its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- North Central Regional Education Laboratory and Metirl group. (2003). *The enGauge 21<sup>st</sup> Century Skills for 21st Century Learners*. Retrieved from [www.ncrel.org/engauge](http://www.ncrel.org/engauge)[2010]
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173-184.
- Sampson, V. (2009). Argument-driven inquiry: Way to promote Learning during laboratory activities. *The Science Teacher*, 42-47.
- Sampson, V., and et al. (2010). *Learning to Write in Undergraduate Chemistry: The Impact of Argument-Driven Inquiry*. Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Philadelphia: PA.
- Sampson, V., Grooms, J., and Walker, J. (2009). Argument-Driven Inquiry to promote learning and interdisciplinary work in science classrooms. *The Science Teacher*, 76(8), 42-47.
- Sampson, V., Grooms, J., and Walker, J. P. (2011). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written argument: An exploratory student. *Science Education*, 95(217-257).
- Spence, J. T., and Helmritch, R. T. (1983). *Achievement related motives and behaviors*. ใน *In achievement and achievement movies*. Sanfrancisco: W.H. Freeman and Company.
- Sunee, K., Prechan, D., and Amplika, P. (2007). *PISA 2006 report*. Bangkok: IPST.
- Tsui, C. Y., and Treagust, D. (2010). Evaluating Secondary Student' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073-1098.



- Vaughan, S. (2013). *Scientific Inference: Learning from Data*. The United Kingdom: Cambridge Press.
- Verlinden, J. (2005). *Critical thinking and everyday argument*. Nelson: Thomson Learning, Inc.
- Walker, J., and Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn in science: Argument-Driven Inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct argument and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(50), 561-596.
- Walker, J. P., and et al. (2010). *Argument-Driven Inquiry: An Instruction Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs*. Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Philadelphia: PA.
- Zeineddin, A., and Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination of Theory and Evidence among College Science Student. *Journal of Research in science Teaching*, 47(9), 1064-1093.
- กรมวิชาการ. (2548). *แนวทางการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). *แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย*. ใน *ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรารัตน์ แสงสร. (2560). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, 28(3), 14-26.

- จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2556). ผลการเรียนรู้การสอนโดยใช้ชั้นการเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2549). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. นนทบุรี: ไทยเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.
- ณรงค์ชัย พงษ์ธนะ. (2559). ผลการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศพล สุวรรณพุด. (2562). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. (หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา), มหาวิทยาลัยนเรศวร,
- นพเก้า ณ พัทลุง. (2548). การจัดการเรียนการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- นภาพร จ้อยอินทร์ และสุทธิกัญจน์ ทิพย์เกษร. (2559). ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ได้รับการสอนแบบพีโอพี. วารสารบัณฑิตวิจัย.
- นภาพร วงค์เจริญ. (2550). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพบปัญหา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นริศรา วรรณโกษิตย์. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และการเรียนแบบร่วมมือที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนธัญบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (การศึกษามหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์), มหาวิทยาลัยบูรพา

- นิรมล ศตวุฒิ. (2547). การจัดการเรียนรู้ที่เริ่มจากผู้เรียน. *วงการครู*, 1(7), 8.
- บุญนำ อินทนนท์. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินบำรุงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปรีวัติ สิงหาเวช. (2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยโรงงานวิทยาศาสตร์. (สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน. (2556). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง การรักษาคุณภาพของร่างกายและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2545). พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- ภคพร อิศระ. (2557). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัทรารวรรณ ไชยมงคล สกนรัชชัย ชนะนนันท์ และจินตนา กล้าเทศ. (2559). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ โดยใช้ PBL (Problem Based Learning). *วารสารวิชาการ(กุมภาพันท์ 2545)*, 11-17.
- โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี. (2561). รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิควิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

- ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกุล. (2013). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *Naresuan University Journal*, 21(3), 37-45.
- วรัญญา จำปามูล. (2555). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรัณย์ อัมระนันท์. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์), มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แชนมณี และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *ทฤษฎีและแนวคิดร่วมสมัยเกี่ยวกับการคิดจากประเทศซีกโลกตะวันตก*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ศิริลักษณ์ วิทยา. (2555). การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018 : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลการเรียนรู้การสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และควมมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). ผลกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิด เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุพัชยา ปาทา. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุรางค์ ไคว่ตระกูล. (2544). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรกัญญา รัชวัฒน์. (2553). ผลการใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.







### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 1.1 ดร. กุลธิดา นุกุลธรรม ตำแหน่งอาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
  - 1.2 อ. อนัญญา ไตรบำรุงสุข ตำแหน่งอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
  - 1.3 อ. สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ ตำแหน่งอาจารย์ โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์-เคมี
  - 2.1 ผศ. เกรียงศักดิ์ สงศรีโรจน์ ตำแหน่งอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
  - 2.2 ดร.จินดารัตน์ แก้วพิกุล ตำแหน่งอาจารย์ โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย
  - 2.3 อ. ชูชาติ หุตะเจริญ ตำแหน่งอาจารย์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
  - 3.1 ผศ.ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต ตำแหน่งอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
  - 3.2 ดร. รัศมี ฉิมขันธ์ ตำแหน่งอาจารย์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
  - 3.3 อ. อุบลวดี อติเรกตระการ ตำแหน่งหัวหน้ากลุ่มสาระ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี

ภาคผนวก ข

ผลการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย



ตาราง 12 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ตามรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการ ประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ (ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์ การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ขั้นตอนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล) มีความ สอดคล้องกัน	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วย กลวิธีการโต้แย้ง	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
3. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 1 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
4. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 2 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
5. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 3 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
6. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 4 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
7. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 5 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
8. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 6 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
9. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 7 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
10. กิจกรรมและคำถามในขั้นตอนที่ 8 สอดคล้องกับรูปแบบฯ	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
11. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
12. ความถูกต้องของแนวคิด/องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	+1	+1	0	0.67	ผ่านเกณฑ์
2	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
3	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
4	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 13 (ต่อ)

คำถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
5	+1	+1	0	0.67	ผ่านเกณฑ์
6	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
7	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
8	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
9	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
10	+1	0	+1	0.67	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

คำถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
2	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
3	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
4	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
5	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
6	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 14 (ต่อ)

คำถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
7	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
8	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
9	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
10	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
11	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
12	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
13	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
14	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
15	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
16	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
17	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
18	+1	0	+1	0.67	ผ่านเกณฑ์
19	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
20	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
21	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
22	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์



ตาราง 14 (ต่อ)

คำถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
23	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
24	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
25	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
26	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
27	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
28	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
29	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์
30	+1	+1	+1	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 15 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

ข้อที่	p	r	ผลการประเมิน	ข้อที่	p	r	ผลการประเมิน
1	0.43	0.29	ผ่าน	16	0.48	0.38	ผ่าน
2	0.48	0.38	ผ่าน	17	0.38	0.38	ผ่าน
3	0.43	0.29	ผ่าน	18	0.38	0.38	ผ่าน
4	0.24	0.29	ผ่าน	19	0.43	0.29	ผ่าน
5	0.33	0.29	ผ่าน	20	0.33	0.29	ผ่าน
6	0.52	0.29	ผ่าน	21	0.38	0.38	ผ่าน
7	0.33	0.29	ผ่าน	22	0.33	0.29	ผ่าน
8	0.33	0.29	ผ่าน	23	0.43	0.29	ผ่าน
9	0.24	0.29	ผ่าน	24	0.33	0.29	ผ่าน
10	0.48	0.38	ผ่าน	25	0.33	0.29	ผ่าน
11	0.43	0.29	ผ่าน	26	0.33	0.29	ผ่าน
12	0.52	0.29	ผ่าน	27	0.38	0.38	ผ่าน
13	0.38	0.38	ผ่าน	28	0.33	0.29	ผ่าน
14	0.38	0.38	ผ่าน	29	0.33	0.29	ผ่าน
15	0.48	0.38	ผ่าน	30	0.38	0.38	ผ่าน

ตาราง 16 แสดงผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัด	จำนวน นักเรียน	จำนวน ข้อสอบ	$\bar{X}$	S.D.	$S^2$	R
ความสามารถ ในการให้ เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	41	10	17.17	6.68	44.60	0.921

ตาราง 17 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการประเมินข้อสอบ
1	0.58	0.20	ผ่าน
2	0.43	0.23	ผ่าน
3	0.52	0.21	ผ่าน
4	0.47	0.20	ผ่าน
5	0.48	0.21	ผ่าน
6	0.31	0.20	ผ่าน
7	0.74	0.21	ผ่าน
8	0.30	0.23	ผ่าน
9	0.50	0.26	ผ่าน
10	0.40	0.27	ผ่าน

ตาราง 18 แสดงการหาค่าของคะแนนจุดตัดของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

คะแนน จุดตัด	P(TM)	P(FN)	P(FM)	P(TN)	P(TM)+P(TN)	P(FN)+P(FM)	BR	SR	phi
4	0.58	0.00	0.42	0.00	0.58	0.42	0.58	1.00	-
9	0.55	0.03	0.30	0.13	0.68	0.32	0.58	0.85	0.34
10	0.54	0.04	0.24	0.18	0.72	0.28	0.58	0.77	0.43
14	0.34	0.24	0.21	0.21	0.55	0.45	0.58	0.55	0.08
15	0.30	0.28	0.21	0.21	0.51	0.49	0.58	0.51	0.01
16	0.30	0.28	0.20	0.23	0.52	0.48	0.58	0.49	0.04
18	0.28	0.30	0.15	0.27	0.55	0.45	0.58	0.44	0.12
20	0.23	0.35	0.11	0.31	0.54	0.46	0.58	0.34	0.13
24	0.14	0.44	0.07	0.35	0.49	0.51	0.58	0.21	0.09
25	0.11	0.46	0.04	0.38	0.49	0.51	0.58	0.15	0.13
26	0.11	0.46	0.01	0.41	0.52	0.48	0.58	0.13	0.24

ตาราง 19 แสดงการหาค่าของคะแนนจุดตัดของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนน จุดตัด	P(TM)	P(FN)	P(FM)	P(TN)	P(TM)+P(TN)	P(FN)+P(FM)	BR	SR	phi
14	0.66	0.00	0.13	0.21	0.87	0.13	0.66	0.79	0.72
15	0.66	0.00	0.11	0.23	0.89	0.11	0.66	0.77	0.75
19	0.42	0.24	0.08	0.26	0.68	0.32	0.66	0.50	0.37
20	0.35	0.31	0.05	0.29	0.65	0.35	0.66	0.40	0.38
21	0.35	0.31	0.03	0.31	0.66	0.34	0.66	0.39	0.43
22	0.32	0.34	0.02	0.32	0.65	0.35	0.66	0.34	0.44
23	0.32	0.34	0.00	0.34	0.66	0.34	0.66	0.32	0.49



ภาคผนวก ค  
ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย



## ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

### เรื่องไฟฟ้าเคมี

#### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เวลา 3 คาบ

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

วิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว 30235

ครูผู้สอน นางสาวปัทมพร จันชัยภูมิ

#### 1. ผลการเรียนรู้

1. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

#### 2. สาระสำคัญ

เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) คือเซลล์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 เซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อระหว่างครึ่งเซลล์ไฟฟ้าทั้งสอง เซลล์กัลวานิกมี 2 ประเภท คือเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยเซลล์กัลวานิก ประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ แต่ละครึ่งเซลล์มักประกอบด้วยโลหะ ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ในสารละลายของไอออนของโลหะนั้น ทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์

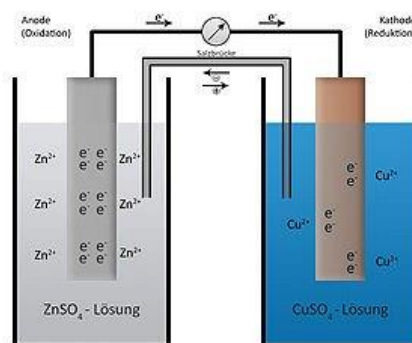
#### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- ระบุชนิดของเซลล์ว่าเป็นเซลล์กัลวานิกและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้
- คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ได้และใช้ค่า  $E^\circ$  ของครึ่งเซลล์ทำนายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้
- อธิบายประโยชน์จากการทราบค่า  $E^\circ$  ของครึ่งเซลล์ได้

#### 4. สารการเรียนรู้/เนื้อหา

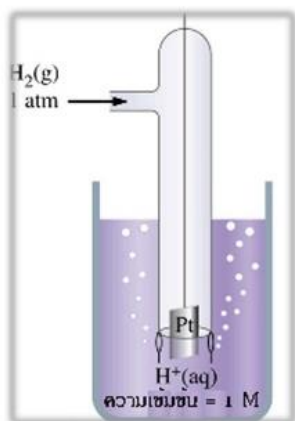
##### การสร้างเซลล์กัลวานิก

นำโลหะต่างชนิดกันจุ่มในภาชนะที่บรรจุสารละลายที่มีไอออนของโลหะนั้นเช่น โลหะ A จุ่มใน  $A^{2+}$  และโลหะ B จุ่มใน  $B^{2+}$  เป็นต้น และภาชนะ 2 ใบนี้มีสะพานอิออนเชื่อมถึงกัน แล้วต่อลวดตัวนำจากขั้วทั้งสองเข้ากับโวลต์มิเตอร์ (volt meter) ซึ่งมีเข็มแสดงทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนพบว่าเข็มกระดิกแสดงว่าอิเล็กตรอนไหล



##### ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

- เมื่อนำครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อเป็นเซลล์กัลวานิก จะสามารถวัดค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองเซลล์ได้โดยใช้โวลต์มิเตอร์ ซึ่งวัดค่าความต่างศักย์ที่วัดได้นี้ว่า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์
- ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ใด ๆ ไม่สามารถวัดได้ เพราะมีขั้วไฟฟ้าเพียงขั้วเดียวจะวัดได้เฉพาะค่าศักย์ไฟฟ้าเปรียบเทียบ โดยนำครึ่งเซลล์นั้นต่อกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็น 0 โวลต์ แล้ววัดค่าความต่างศักย์ ซึ่งค่าความต่างศักย์ที่วัดได้คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์นั้นนั่นเอง
- ส่วนประกอบของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน มีดังนี้



ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน หรือ ขั้วไฟฟ้า

ไฮโดรเจนมาตรฐาน (Standard Hydrogen

Electrode: SHE)

ประกอบด้วย

- ขั้วแพลทินัม (อิเล็กโทรดเฉื่อย)
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็นกรดไฮโดรคลอริก 1 M
- อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- แก๊สไฮโดรเจนความดัน 1 บรรยากาศ

$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{แคโทด}} - E^\circ_{\text{แอโนด}}$$

- เมื่อนำครึ่งเซลล์ใด ๆ ที่อยู่ในภาวะมาตรฐาน (ภาวะที่ขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 mol/dm<sup>3</sup> ที่อุณหภูมิ 25 °C ถ้าครึ่งเซลล์ใดมีแก๊สอยู่ด้วย ต้องใช้แก๊สที่มีความดัน 1 atm) มาต่อกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน แล้ววัดค่าความต่างศักย์โดยใช้โวลต์มิเตอร์ ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ ก็คือค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ( $E^\circ$ )

- ในเซลล์กัลวานิก อิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด ส่วนกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด แสดงว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแคโทดสูงกว่าขั้วแอโนด เข็มโวลต์มิเตอร์จะเบนจากขั้วไฟฟ้าที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าไปยังขั้วไฟฟ้าที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ดังนั้น การหาค่า  $E^\circ$  ของครึ่งเซลล์ใด ๆ พิจารณาดังนี้

1) ถ้าเข็มเบนเข้าหาครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน แสดงว่า ครึ่งเซลล์ที่ต้องการหาค่า  $E^\circ$  มีค่า  $E^\circ$  มากกว่าครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน โดยจะมีค่า  $E^\circ$  เป็นลบ

2) ถ้าเข็มเบนออกจากครึ่งเซลล์ไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน แสดงว่า ครึ่งเซลล์ที่ต้องการหาค่า  $E^\circ$  มีค่า  $E^\circ$  มากกว่าครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน โดยจะมีค่า  $E^\circ$  เป็นบวก

3) หาค่า  $E^\circ$  ของครึ่งเซลล์ใด ๆ ได้ ดังนี้  $E^\circ_{\text{เซลล์}} = E^\circ_{\text{แคโทด}} - E^\circ_{\text{แอโนด}}$

- ตามมาตรฐานสากล (IUPAC) กำหนดให้ใช้ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันเป็นครึ่งเซลล์มาตรฐาน โดยค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

1) ใช้เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์หรือตัวรีดิวซ์ โดยสารในครึ่งปฏิกิริยาที่มีค่า  $E^\circ$  สูงจะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีกว่าสารในครึ่งปฏิกิริยาที่มีค่า  $E^\circ$  ต่ำกว่า และสารที่มีค่า  $E^\circ$  ต่ำกว่าจะเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่า

2) ใช้คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ เมื่อนำครึ่งเซลล์ที่ทราบค่า  $E^\circ$  สองครึ่งเซลล์มาต่อกันเป็นเซลล์กัลวานิก ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานจะหาได้โดยการนำศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันลบด้วยศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3) ใช้ทำนายได้ว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เขียนแสดงไว้เกิดขึ้นได้จริงหรือไม่ และทิศทางของปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างไร

### การเตรียมก่อนสอน

1. ครูจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองให้กับนักเรียน

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

- |                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 1) ลวดแมกนีเซียม   | 6) สารละลาย $MgSO_4$ (1.0 M)  |
| 2) แผ่นโลหะสังกะสี | 7) สารละลาย $ZnSO_4$ (1.0 M)  |
| 3) แผ่นโลหะทองแดง  | 8) สารละลาย $CuSO_4$ (1.0 M)  |
| 4) แผ่นโลหะเงิน    | 9) สารละลาย $AgNO_3$ (1.0 M)  |
| 5) แผ่นตะกั่ว      | 10) สารละลาย $PbNO_3$ (1.0 M) |

### 5. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

#### ขั้นที่ 1 การระบุภาระงาน (15 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนและการสาธิตด้วยการทดลอง ครูให้นักเรียนร่วมกันเลือกคู่ชนิดโลหะมา 3 คู่ เพื่อทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และใช้คำถามต่อไปนี้กระตุ้นให้นักเรียนคิดทำนาย 1.1 นักเรียนคิดว่า จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างคู่โลหะที่นักเรียนเลือก (เข้มของโวลต์มิเตอร์เบนออก/ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง)

สังเกต 1.2 ครูสาธิตการทดลองโดยให้นักเรียนเลือกคู่โลหะมา 3 ชนิดแล้วต่อเซลล์กัลวานิกเพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

1.3 นักเรียนร่วมสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

อธิบาย 1.4 นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับการเลือกคู่ชนิดของโลหะหรือไม่อย่างไร (เกี่ยว เพราะโลหะแต่ละชนิดมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และ

ตัวออกซีไดซ์ที่แตกต่างกัน)

1.5 นักเรียนคิดว่า การเบนเข็มของโวลต์มิเตอร์ไปทางขวาหรือทางซ้ายให้ความหมายที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แตกต่างกันเพราะมันเป็นคนละทิศ/ไม่แตกต่างกันเพราะน่าจะบอกค่าความต่างศักย์เหมือนกัน)

2. ครูกล่าวว่า “แสดงว่าถ้าเราเลือกคู่อิโวลต์ที่มีความแรงของตัวรีดิวซ์และตัวออกซีไดซ์แตกต่างกันมาก ๆ ก็จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างสูง ทำให้เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนมีค่ามากด้วยใช่ไหม” (ใช่/ไม่ใช่)

### บทนำ

ห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งเกิดเหตุการณ์ไฟดับในวันที่มีกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์ นักเรียนสองคนที่ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ที่ห้องปฏิบัติการจึงต้องการแก้ไขปัญหานี้เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์ต่อไปได้

### สถานการณ์

เด็กชายอะตอม และ เด็กหญิงนิวเคลียร์ จึงต้องการจะผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ (ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการในใบกิจกรรม) โดยการสร้างเซลล์กัลวานิกเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า นักเรียนคิดว่าเด็กชายอะตอม และ เด็กหญิงนิวเคลียร์ควรสร้างเซลล์กัลวานิกอย่างไร จึงจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอต่อ

3. ครูระบุภาระงานสำหรับการสำรวจตรวจสอบ เรื่อง สร้างเซลล์กัลวานิกอย่างไรให้ได้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 3 สร้างเซลล์กัลวานิกอย่างไรให้ได้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด ให้กับนักเรียนทุกคน จากนั้นอธิบายวิธีทำกิจกรรมตามรายละเอียดที่ปรากฏในเอกสารที่แจกให้นักเรียน

3.2 ครูใช้คำถามเพื่อระบุว่า สิ่งที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องการที่จะปฏิบัติเพื่อศึกษาประเภทของปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คือ 1) ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบ พร้อมสรุปเป็นข้อมูล 2) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล

## ขั้นที่ 2 การสำรวจและการรวบรวมข้อมูล (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนเข้ากลุ่มเดิม และผลัดกันพูดแสดงความคิดเห็นที่ละคนเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบสำรวจตรวจสอบคนละ 1 นาที จนครบจำนวนสมาชิกกลุ่ม แล้วจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มทำการออกแบบ วางแผนและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบถึงวิธีการสร้างเซลล์กัลวานิกให้ได้ค่าศักย์ไฟฟ้ามากที่สุด

2. ครูอธิบายถึงอุปกรณ์ที่เตรียมให้เพื่อให้นักเรียนทราบถึงอุปกรณ์และสารเคมีแต่ละชนิด

3. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการ บันทึกผลลงในแบบสำรวจตรวจสอบพร้อมทั้งสรุปเป็นข้อมูลของกลุ่มตนเอง

4. ครูชี้แจงถึงหัวข้อที่นักเรียนจะต้องอธิบาย คือ 1) ข้อสรุปของกลุ่ม 2) หลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปของกลุ่ม และ 3) การให้เหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ โดยข้อสรุปคือ คำตอบทางวิทยาศาสตร์ของประเด็นคำถามที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบร่วมกันภายในกลุ่ม 2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปให้มีความน่าเชื่อถือ และ 3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่รองรับการสนับสนุนข้อสรุปนั้น ๆ

## ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (15 นาที)

1. ครูทบทวนประเด็นการโต้แย้งโดยกล่าวว่า ประเด็นการโต้แย้งคือ “สร้างเซลล์กัลวานิกอย่างไรให้ได้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด” และให้นักเรียนศึกษาการสร้างข้อโต้แย้งจากการสำรวจตรวจสอบ

2. ครูแจกกระดาษให้นักเรียนคนละ 1 แผ่น แล้วให้นักเรียนแต่ละคนเขียนข้อโต้แย้งของตนเองลงบนกระดาษที่แจกให้ โดยกำหนดเวลาให้ 3 นาที เมื่อครบกำหนดครูจะแจ้ง “หมดเวลา” แล้วให้นักเรียนนำกระดาษของตนเองขึ้นวางบนโต๊ะพร้อมกัน และร่วมกันคัดเลือกแนวคิดของนักเรียนในกลุ่มที่ดีที่สุด

3. นักเรียนในกลุ่มอภิปรายแนวคิดที่เลือกจากข้อ 2 เพื่อพัฒนาเป็นข้อโต้แย้งของกลุ่ม และเขียนลงกระดาษที่ครูแจกให้ โดยมีหัวข้อดังนี้



ปัญหา/สถานการณ์	สมาชิกกลุ่ม
<p>ต้องการสร้างเซลล์กัลวานิกที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอต่อการให้แสงสว่าง</p>	สมาชิกกลุ่ม
ขอสรุป	หลักฐาน/ข้อมูลที่สนับสนุนขอสรุป
<p>สร้างเซลล์กัลวานิกจากขั้วโลหะเงิน (Ag) และลวดแมกนีเซียม (Mg)</p>	<p>เมื่อทำการทดลองพบว่ากระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นจากค่าความต่างศักย์ของขั้วโลหะที่ใช้สร้างเซลล์กัลวานิกพบว่าเมื่อใช้ขั้วโลหะเงิน (Ag) และลวดแมกนีเซียม (Mg) เป็นคู่ที่ให้ค่าความต่างศักย์มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่า <math>E^\circ</math> ของโลหะทุกตัวพบว่าคู่ที่มีค่า แตกต่างกันมากที่สุดคือ โลหะเงิน (Ag) และลวดแมกนีเซียม (Mg) ดังนั้นเป็นคู่โลหะที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้รวดเร็วและนานที่สุดคือโลหะเงิน (Ag) และลวดแมกนีเซียม (Mg)</p>

#### ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง (50 นาที)

1. ครูนิยามคำสำคัญเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน ได้แก่คำว่า ขั้วแคโทด ขั้วแอโนด ขั้วบวก ขั้วลบ สะพานเกลือ และค่าความต่างศักย์ของเซลล์
2. ครูชี้แจงขั้นตอนการโต้แย้ง โดยกล่าวว่า ให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนไปยังกลุ่มต่าง ๆ เพื่อนำเสนอข้อสรุปของกลุ่มตนเอง โดยครูกำหนดเวลาการนำเสนอกลุ่มละ 1 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาให้ผลัดกลุ่มต่อไปนำเสนอข้อโต้แย้งต่อจนครบทุกคนในกลุ่ม หลังจากนั้นร่วมกันวิพากษ์ข้อโต้แย้งของกลุ่มต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค round robin เพื่อหาว่าข้อกล่าวอ้างใดน่าเชื่อถือและยอมรับได้ หรือ เพื่อปรับข้อกล่าวอ้างให้ดูน่าเชื่อถือจนยอมรับได้
3. เมื่ออภิปรายครบทุกกลุ่มแล้ว ครูกล่าวชมเชยนักเรียนที่ร่วมกันทำกิจกรรม
4. ครูใช้คำถามเพื่อสรุปการโต้แย้ง ดังนี้
5. ครูใช้คำถามเพื่อสรุปการโต้แย้ง ดังนี้

- 5.1 ประเด็นการนำเสนอที่ทุกกลุ่มเห็นตรงกันคืออะไร
- 5.2 ประเด็นการนำเสนอที่นักเรียนเห็นขัดแย้งคืออะไร
- 5.3 การเบนทิศทางของเข็มโวลต์มิเตอร์ พิจารณาจากอะไร
- 5.4 นักเรียนคิดว่าการศึกษาทางการเบนเข็มของโวลต์มิเตอร์สัมพันธ์กับขั้วบวกขั้วลบอย่างไรอย่างไร
- 5.5 การสร้างเซลล์กัลป์วานิกของกลุ่มใดแสดงถึงการให้กระแสไฟฟ้า
- 5.6 การสร้างเซลล์กัลป์วานิกของกลุ่มใดแสดงถึงการใช้กระแสไฟฟ้า
- 5.7 เราจะต้องสร้างเซลล์กัลป์วานิกแบบใดจึงจะให้กระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด

#### ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานผลการสำรวจ (10 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล โดยครูชี้แจงว่า รายงานผลการสำรวจตรวจสอบต้องมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) จุดประสงค์ 2) วิธีการสำรวจตรวจสอบ และ 3) การสรุปเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล โดยครูคอยให้คำแนะนำ

#### ขั้นที่ 6 การทบทวนรายงานโดยเพื่อน (10 นาที)

1. เมื่อนักเรียนเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบเสร็จแล้วนักเรียนเรียนป็นรายงานออกมา 3 ฉบับไม่ต้องระบุชื่อส่งให้ครูรวบรวม

2. ครูแจกแบบประเมินและเกณฑ์การประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบให้นักเรียน โดยไม่ทราบชื่อผู้ตรวจและผู้เขียน พร้อมแนบแบบประเมินในเอกสารสำหรับผู้ตรวจสอบ

3. นักเรียนประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามเกณฑ์ที่ครูแจกให้ โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำ

4. เมื่อครบกำหนดเวลา ให้นักเรียนที่ตรวจรายงานของเพื่อสรุปว่ารายงานฉบับนั้นสมบูรณ์หรือไม่อย่างไร แล้วรวบรวมรายงานกลับคืนมาให้ครู และเมื่อครบแล้วจึงส่งรายงานพร้อมกับแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบคืนให้นักเรียน

#### ขั้นที่ 7 การปรับปรุงรายงาน (10 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนพิจารณาผลการประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบแล้วทำการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของเพื่อน โดยครูคอยให้คำแนะนำและแก้ไขข้อที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน พร้อมทั้งนัดหมายให้นักเรียนส่งรายงานผลการสำรวจตรวจสอบอีกครั้งในคาบถัดไป

## ขั้นที่ 8 การอภิปรายอย่างชัดเจนและสะท้อนกลับ (10 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่การอภิปรายเพื่อสะท้อนการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- 1.1 นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างในการทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบที่ผ่านมา
- 1.2 นักเรียนคิดว่ารายงานสำรวจตรวจสอบของเพื่อนเป็นอย่างไร สมบูรณ์หรือไม่ คิดว่ามีประเด็นใดที่น่าสนใจหรือไม่

1.3 ครูตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา พร้อมทั้งอธิบายความรู้เชิงเนื้อหาเพิ่มเติมให้กับนักเรียนเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องร่วมกัน (เซลล์กัลวานิกคือ เซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 เซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อระหว่างครึ่งเซลล์ไฟฟ้าทั้งสอง เซลล์กัลวานิกมี 2 ประเภท คือ เซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยเซลล์กัลวานิก ประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ แต่ละครึ่งเซลล์มักประกอบด้วยโลหะ ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ในสารละลายของไอออนของโลหะนั้น ทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งสามารถตรวจสอบว่าเซลล์ใดเป็นเซลล์กัลวานิกหรือเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้โดยการคำนวณหาจากค่า  $E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{anode}} - E^\circ_{\text{cathode}}$  หากคำนวณออกมาแล้วได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยาสามารถเกิดได้เองเป็นเซลล์กัลวานิก แต่หากเครื่องหมายเป็นลบแสดงว่าปฏิกิริยาไม่สามารถเกิดเองได้ ถ้าต้องการให้เกิดเองได้ต้องสลับขั้วไฟฟ้า)

2. ครูแจ้งหัวข้อเรื่องที่จะเรียนในคาบต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนเตรียมตัวสำหรับการเข้าเรียนในคาบหน้า

## 6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเสริมสร้างศักยภาพและทักษะ รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยบริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด
2. คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ
3. เอกสารฉบับที่ 3
4. ชุดการสร้างเซลล์กัลวานิก
  - 4.1) โลหะ Cu, Zn, Ag, Mg, Al, Pb
  - 4.2) สารละลาย  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$
  - 4.3) โวลต์มิเตอร์
  - 4.4) คู่มือสายไฟ

- 4.5) สะพานเกลือ
- 4.6) บีกเกอร์ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
5. กระดานไวท์บอร์ด ปากกาไวท์บอร์ด หรือ Application google jamboard
6. แบบรายงานการสำรวจตรวจสอบรายบุคคล

## 7. การวัดและประเมินผล

รายการประเมิน	วิธีการวัดและ ประเมินผล	เกณฑ์การผ่าน
1. คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเครื่อง เซลล์ได้	ใบกิจกรรมที่ 3.1	ทำการทดลองสำเร็จ
2. ไซค่า E° ของเครื่องเซลล์ทำนายการ เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้	ใบกิจกรรมที่ 3.1	ทำการทดลองสำเร็จ
3. อธิบายประโยชน์จากการทราบค่า E° ของเครื่องเซลล์ได้	การตอบคำถามในชั้น เรียน	ได้คะแนนผ่านร้อยละ 50

### ใบกิจกรรมที่ 3.1

#### ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

คำชี้แจง: ให้นักเรียนออกแบบและทดลองศึกษาเพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

#### 1. วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

- |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1. โลหะ Ag           | 2. โลหะ Cu           | 3. โลหะ Zn           |
| 4. โลหะ Mg           | 5. สารละลาย $ZnSO_4$ | 6. สารละลาย $CuSO_4$ |
| 7. สารละลาย $PbNO_3$ | 8. สารละลาย $MgSO_4$ |                      |

#### 2. จุดประสงค์

.....

.....

#### 3. วิธีการสำรวจตรวจสอบ

#### 4. ตารางบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ

การทดลองที่	ขั้วโลหะ/ สารละลายในปีก เกอร์ช่าย	ขั้วโลหะ/สารละลาย ในปีกเกอร์ชวย	ทิศทางการ เบนเข็ม	แผนภาพ เซลล์	ค่า ศักย์ไฟฟ้า ของเซลล์

## 5. สรุปผลการสำรวจตรวจสอบ

.....

.....

### ใบกิจกรรมที่ 3.2 แบบบันทึกข้อโต้แย้งชั่วคราว

#### บทนำ

ห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งเกิดเหตุการณ์ไฟดับในวันที่มีกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์นักเรียนสองคนที่ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ในห้องปฏิบัติการจึงต้องการแก้ไขปัญหาไฟดับนี้เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์ต่อไปได้

#### สถานการณ์

เด็กชายอะตอม และ เด็กหญิงนิวเคลียร์ จึงต้องการจะผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ(ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการในใบกิจกรรม) โดยการสร้างเซลล์กัลวานิกเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า นักเรียนคิดว่าเด็กชายอะตอม และ เด็กหญิงนิวเคลียร์ควรสร้างเซลล์กัลวานิกอย่างไร จึงจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอและรวดเร็ว

\*กำหนดสารเคมีที่มี คือ โลหะ  $Mg$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Pb$  สารละลาย  $MgSO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $ZnSO_4$  และ  $PbNO_3$



## ข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่ม

ปัญหา/สถานการณ์	สมาชิกกลุ่ม
ขอสรุป	หลักฐาน/ข้อมูลที่สนับสนุนขอสรุป

ใบกิจกรรมที่ 3.3 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ

## ส่วนที่ 1 นักเรียนทำอะไรและทำไปเพื่ออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 สิ่งที่นักเรียนได้ทำและทำไมจึงทำเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 ข้อโต้แย้งของนักเรียนคืออะไรพร้อมแนวคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



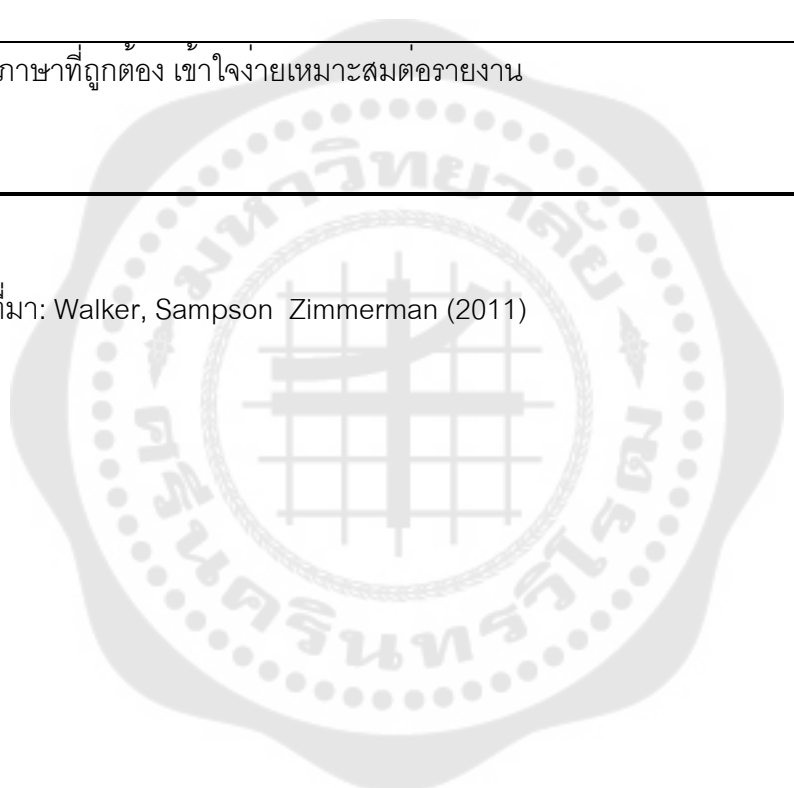
แบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน

เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
<b>ส่วนที่ 1 เป้าหมาย</b>				
ผู้เขียนได้อ้างถึงปัญหาหรือสถานการณ์ที่ได้สำรวจตรวจสอบ				
ผู้เขียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบครบถ้วนครอบคลุมหรือไม่				
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบว่ามีประโยชน์หรือทำให้คนพบสิ่งใดหรือไม่				
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินในรายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้				
<b>ส่วนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ</b>				
ผู้เขียนมีการอธิบายถึงวิธีการทำงานของเขาหรือไม่				
ผู้เขียนใช้วิธีการหรือกระบวนการสำรวจตรวจสอบที่ชัดเจนเหมาะสมต่อการใช้ข้อมูลที่แสดงหรือไม่				
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินในรายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้				

เกณฑ์	ไม่ผ่าน พอใช้ ดี ดีมาก
ส่วนที่ 3 ข้อโต้แย้ง	
ผู้เขียนได้แสดงคำอธิบายที่ชัดเจนและเพียงพอในการตอบประเด็นคำถามหรือสถานการณ์หรือไม่	
คำอธิบายขอกล่าวอ้างของผู้เขียนสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับผลการสำรวจตรวจสอบหรือไม่	
ผู้เขียนใช้หลักฐานหรือข้อมูลในการสนับสนุนขอกล่าวอ้างหรือไม่	
ผู้เขียนมีหลักฐานเพียงพอในการสนับสนุนคำอธิบายของขอกล่าวอ้างหรือไม่	
หลักฐานของผู้เขียนมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่	
คำอธิบายของผู้เขียนมีความเหมาะสมต่อหลักฐานหรือข้อมูลทั้งหมดหรือไม่	
การให้เหตุผลของผู้เขียนเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่	
คำอธิบายของผู้เขียนสอดคล้องกับข้อมูลการวิพากษ์ในชั้นเรียนครบถ้วนหรือไม่	
ผู้เขียนได้แสดงขอความในเชิงลบหรือไม่เหมาะสมออกมาหรือไม่	
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินในรายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้	

เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
การเขียนรายงาน				
เนื้อหาขงรายงานแสดงความคิดของผู้เขียน และให้ข้อมูลเชิงลึกหรือไม่				
รายงานมีข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดครบถ้วนหรือไม่				
ผู้เขียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง เขาใจง่ายเหมาะสมต่อรายงานหรือไม่				

ที่มา: Walker, Sampson Zimmerman (2011)



## ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

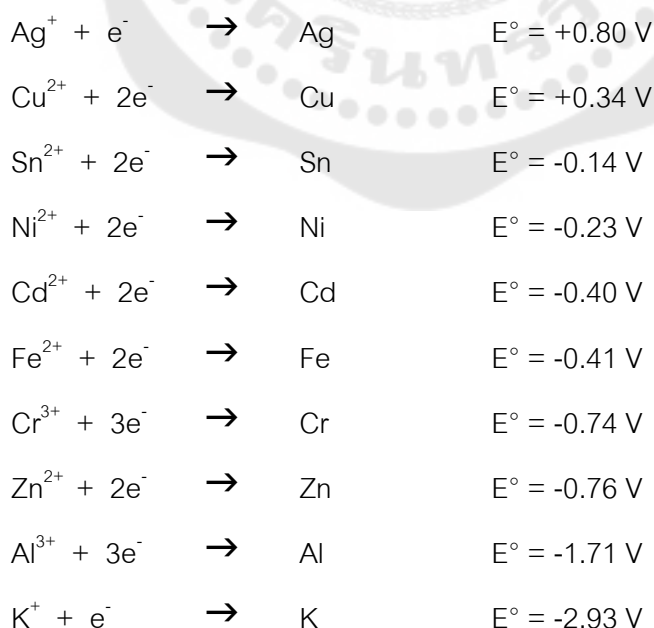
ชื่อ.....นามสกุล..... เลขที่..... ระดับชั้น.....  
โรงเรียน.....จังหวัด.....

### คำชี้แจง

- แบบทดสอบฉบับนี้ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ โดยแต่ละข้อจะมีข้อย่อย 1 ข้อ ซึ่งเป็นรูปแบบการเขียนตอบโดยอธิบายคำตอบ
- ให้นักเรียนอ่านโจทย์และพิจารณาให้ดีก่อนเขียนตอบ โดยให้นักเรียนเขียนตอบลงในแบบทดสอบได้
- มีเวลาให้ทำแบบทดสอบทั้งหมด 60 นาที
- ส่งแบบทดสอบคืนอาจารย์ผู้คุมสอบหลังจากหมดเวลาทำแบบทดสอบ

### ข้อที่ 1 การผูกרוןของโลหะ

กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ที่อุณหภูมิ 298 K ดังนี้





**คำถาม** ถ้าเด็กชายวิทยาต้องการบรรจุน้ำสารละลาย  $\text{Sn}^{2+}$  โดยใช้ภาชนะที่ทำจากโลหะ นักเรียนจะเสนอให้เด็กชายวิทยาเลือกโลหะชนิดใดมาทำภาชนะโดยไม่ให้ภาชนะเกิดการผุกร่อน เพราะเหตุใด (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

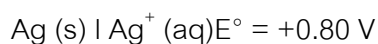
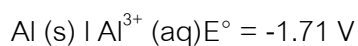
.....

.....

.....

## ข้อที่ 2 การชุบผิวโลหะ

กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ให้ ดังนี้



เด็กชายพายุ กับ เด็กหญิง ปลายฟ้า คุยกันถึงวิธีการทำให้เงินเคลือบบนพื้นผิวของชิ้นอะลูมิเนียม

เราว่าเราต้องต่อให้ครบวงจรนะ โดยต่อชิ้นอะลูมิเนียมกับขั้วบวก แล้วต่อแผ่นเงินกับขั้วลบของถ่านไฟฉายจึงจะทำให้เงินเคลือบผิวชิ้นอะลูมิเนียมได้

แต่ฉันคิดว่าเราแค่ขัดผิวของชิ้นอะลูมิเนียมให้สะอาด แล้วแช่ในสารละลาย  $\text{AgNO}_3$



คำถาม นักเรียนคิดว่าวิธีของใครสามารถเคลือบผิวของซ้อนได้จริง เพราะเหตุใดจงอธิบาย

(3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

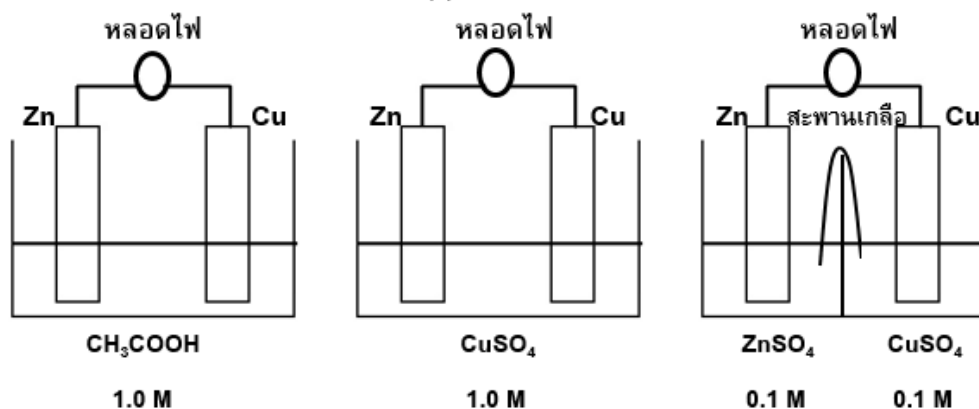
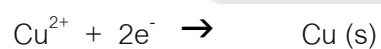
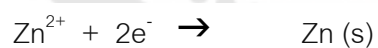
.....

.....

.....

### ข้อที่ 3 เซลล์ความเข้มข้น

กนกรัตน์ทำการทดลองต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟ โดยมีขั้วโลหะเป็นสังกะสี (Zn) และ ทองแดง (Cu) ตามลำดับ จากนั้นใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่แตกต่างกัน ดังภาพ



คำถาม นักเรียนคิดว่าหลอดไฟของเซลล์ไฟฟ้าแบบใดจะสว่างได้นานที่สุด จงอธิบายเหตุผลประกอบ (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

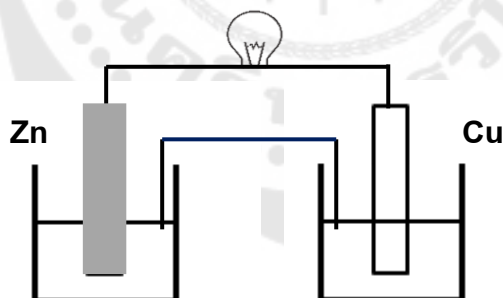
.....

.....

.....

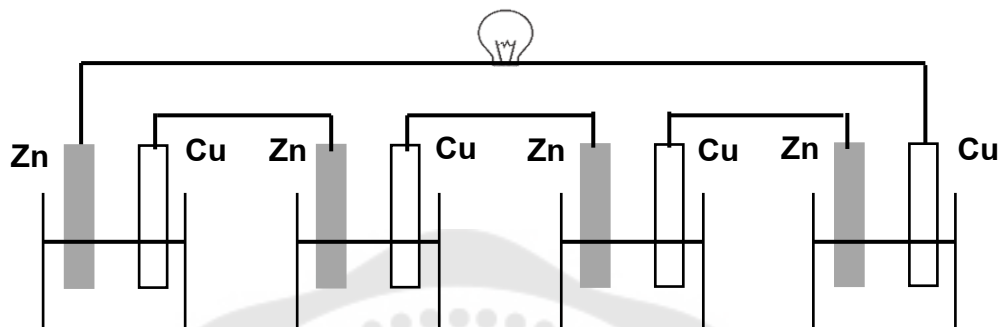
#### ข้อที่ 4 เซลล์กัลวานิก

ครูสมศรีต่อเซลล์กัลวานิกโดย มีขั้วไฟฟ้าเป็นโลหะสังกะสี (Zn) และ ทองแดง (Cu) จุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม ดังรูป



ผลการทดลองพบว่า หลอดไฟสว่าง

คำถาม ถ้าครูผสมสารต่อเซลล์กัลวานิกเพิ่มอีก ดังรูป นักเรียนคิดว่า จะเกิดอะไรขึ้นกับหลอดไฟ พร้อมให้เหตุผลประกอบ (3 คะแนน)



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

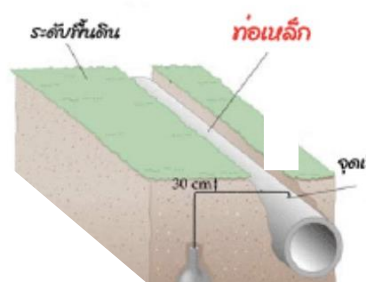
.....

.....

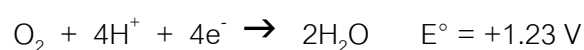
.....

### ข้อที่ 5 การป้องกันการผุกร่อนของโลหะ

พ่อสมศักดิ์วางท่อน้ำใหม่โดยใช้ท่อเหล็กวางฝังใต้ดิน ดังภาพ แต่พ่อของสมศักดิ์กลัวว่าจะ เป็นสนิม



กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าของสาร ( $E^\circ$ ) ดังนี้











### ข้อที่ 8 เซลล์กัลวานิก

ครูดาหวันสาธิตการทดลองเพื่อวัดค่าความต่างศักย์ระหว่างโลหะสองชนิด พบว่า ค่าความต่างศักย์ ( $E^\circ$ ) เท่ากับ +0.34 โวลต์ (ดังรูป ก)



รูป ก

รูป ข

คำถาม ถ้าครูดาหวันยกแผ่นโลหะออกหนึ่งแผ่น (ดังรูป ข) ค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์จะเป็นอย่างไร และเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**ตอนที่ 1** แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 30 คะแนน

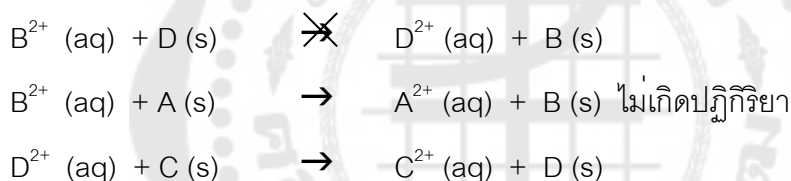
**คำชี้แจง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ปฏิกิริยาเคมีในเครื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้โดย

1. เกิดการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุโลหะ
2. เกิดการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุโลหะ
3. เกิดการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างธาตุโลหะกับธาตุโลหะ
4. เกิดการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างสารที่มีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน

2. ถ้า A, B, C, และ D คือธาตุ และ  $A^{2+}$ ,  $B^{2+}$ ,  $C^{2+}$ , และ  $D^{2+}$  คือ ไอออนของธาตุดังกล่าวตามลำดับ

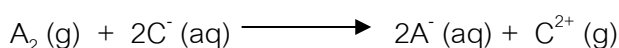
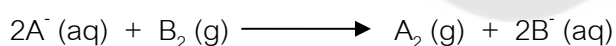
จงใช้ปฏิกิริยาต่อไปนี้



ข้อใดเรียงลำดับสารที่เป็นตัวรีดิวซ์จากมากไปน้อยได้เหมาะสมที่สุด

1.  $C > D > B > A$
2.  $C > D > A > B$
3.  $B > C > A > D$
4.  $B > A > C > D$

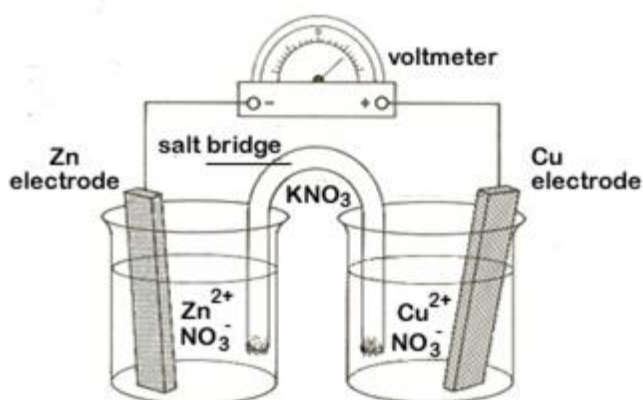
3. โลหะ A, B และ C มีความสัมพันธ์กันตามปฏิกิริยา



จากการเรียงไอออนข้างล่าง การเรียงแบบใดมีแนวโน้มการเสียอิเล็กตรอนจากง่ายไปหายาก

1.  $A^- B^- C^-$
2.  $C^- A^- B^-$
3.  $B^- C^- A^-$
4.  $A^- C^- B^-$

จากภาพจงตอบคำถามข้อ 4 - 5



4. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

1. เข็มโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาขั้วลบ
2. เข็มโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาขั้วแอโนด
3. เข็มโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า
4. เข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปในทิศทางเดียวกับการไหลของกระแสไฟฟ้า

5. จากภาพปฏิกิริยารวมของเซลล์ไฟฟ้าคือข้อใด

1.  $\text{Zn (s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu (s)}$
2.  $\text{Cu(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn (s)}$
3.  $\text{Zn(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu (s)}$
4.  $\text{Cu (s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn(s)}$

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการตอบคำถามข้อที่ 6

- I.  $\text{KClO} + \text{NaNO}_2 \rightarrow \text{KCl} + \text{NaNO}_3$
- II.  $\text{NiO}_2 + \text{Cd} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 + \text{Cd(OH)}_2$
- III.  $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
- VI.  $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

6. จากข้อมูลที่กำหนดให้เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ทั้งหมดกี่ข้อ

1. 1 ข้อ
2. 2 ข้อ
3. 3 ข้อ
4. 4 ข้อ

7. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้ปฏิกิริยารีดอกซ์

1.  $\text{AlCl}_3 + 3\text{KOH} \rightarrow 3\text{KCl} + \text{Al(OH)}_3$
2.  $\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
4.  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

8. จากปฏิกิริยารีดอกซ์  $2\text{Al}(s) + 3\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Zn}(s)$  ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

1.  $\text{Al}^{3+}$  รับผิดชอบตรอนจาก Zn
2. Al เป็นตัวรีดิวซ์
3. Zn เป็นขั้วแคโทด
4.  $\text{Zn}^{2+}$  มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า Al

9. กำหนดให้โลหะ Zn เป็นขั้วแอโนด และโลหะ Pb เป็นขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้า  
ข้อใดคือปฏิกิริยารีดอกซ์

1.  $\text{Zn}(s) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(s)$
2.  $\text{Pb}(s) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(s)$
3.  $\text{Zn}(s) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(s)$
4.  $\text{Pb}(s) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(s)$

10. จากสมการ  $\text{Cu}(s) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{NO}(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
เมื่อดุลอะตอมของธาตุ Cu เป็น 1 สัมประสิทธิ์ของ  $\text{H}_2\text{O}$  เป็นเท่าไร

1.  $\frac{4}{3}$
2.  $\frac{8}{3}$
3. 2
4. 4

11. สมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว เป็นไปตามข้อใด

1.  $5\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 2\text{S}^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 5\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(l) + 2\text{S}(s)$
2.  $3\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 2\text{S}^{2-}(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(l) + 2\text{S}(s)$
3.  $2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 3\text{S}^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(l) + 3\text{S}(s)$
4.  $2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{S}^{2-}(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(l) + 5\text{S}(s)$

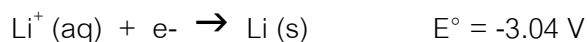
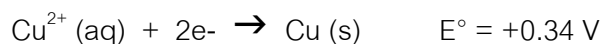
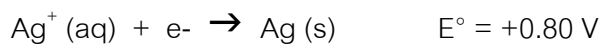
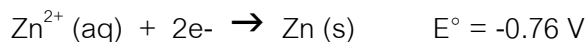
จากสมการรีดอกซ์ที่ยังไม่ได้ดุลต่อไปนี้



12. สมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว A, B, C, D และ E เป็นไปตามข้อใด

1. 2, 3, 2, 3, 1
2. 4, 6, 2, 6, 3
3. 2, 3, 1, 1, 2
4. 4, 6, 2, 2, 4

กำหนดค่า  $E^\circ$  ของเซลล์ต่อไปนี้ใช้ในการตอบคำถามข้อ 13-14



13. แผนภาพเซลล์ในข้อใดเขียนได้ถูกต้องและทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้

1.  $\text{Zn}(\text{s}) / \text{Al}^+(\text{aq}) // \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Al}(\text{s})$
2.  $\text{Ag}(\text{s}) / \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) // \text{Ag}^+(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s})$
3.  $\text{Mg}(\text{s}) / \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) // \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s})$
4.  $\text{Cu}(\text{s}) / \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) // \text{Li}^+(\text{aq}) / \text{Li}(\text{s})$

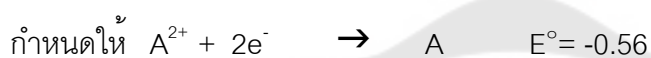
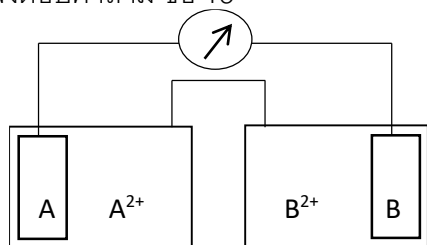
14. ปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{s})$  ข้อใดเขียนแผนภาพเซลล์ถูกต้อง

1.  $\text{Zn}(\text{s}) / \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) // \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) / \text{Pb}(\text{s})$
2.  $\text{Zn}(\text{s}) / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) // \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) / \text{Pb}(\text{s})$
3.  $\text{Pb}(\text{s}) / \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) // \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) / \text{Zn}(\text{s})$
4.  $\text{Pb}(\text{s}) / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) // \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1\text{mol/dm}^3) / \text{Zn}(\text{s})$



5. จากการทดลองของนาย เคมี โดยนำครึ่งเซลล์  $A/A^{2+}$  มาต่อกับครึ่งเซลล์  $B/B^{2+}$  เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก พบว่าเข็มของโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้ว A เข้าหา ขั้ว B ดังรูป

จงตอบคำถาม ข้อ 15



15. ข้อสรุปต่อไปนี้กล่าวถูกต้องกี่ข้อ

P. ตัวออกซิไดซ์ในปฏิกิริยานี้คือ โลหะ A

Q. ตัวรีดิวซ์ในปฏิกิริยานี้คือ โลหะ B

R. ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลล์ไฟฟ้า คือ  $A^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow A(s)$

S. ปฏิกิริยารีดักชันของเซลล์ไฟฟ้า คือ  $B^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow B(s)$

T. ปฏิกิริยารวมของเซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ  $A(s) + B^{2+}(aq) \rightarrow B(s) + A^{2+}(aq)$

U. ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์  $B/B^{2+}$  มีค่ามากกว่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์  $A/A^{2+}$

1. 1 ข้อ

2. 2 ข้อ

3. 3 ข้อ

4. 4 ข้อ

16. จากปฏิกิริยารีดอกซ์  $Zn(s) + Pb^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Pb(s)$

จงหาค่า  $E_{cell}^0$  กำหนดตารางค่า  $E^\circ$  ของ Zn และ Pb ดังนี้



1. -0.89 V

2. +0.89 V

3. -0.63 V

4. +0.63 V

กำหนดตารางค่า  $E^\circ$  ของโลหะ A และ B ดังนี้



เมื่อจุ่มโลหะ A ในสารละลาย B(II) ในเตอเตรต ดังรูป แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้

ก. เกิดโลหะ B เกาะที่แผ่นโลหะ A

ข. สมการไอออนิก คือ  $2A (s) + 3B^{2+} (aq) \rightarrow 2A^{3+} (aq) + 3B (s)$

ค. ค่าความต่างศักย์ของเซลล์เป็น +1.79 V

17. ข้อความใดถูกต้อง

1. ก, ข                      2. ก, ค                      3. ข, ค                      4. ก, ข, ค

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการตอบคำถามข้อ 18

ในการทดลองเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีชุดหนึ่ง ครึ่งเซลล์ไฟฟ้าประกอบด้วยแท่งโลหะโคบอลต์จุ่มลงในสารละลาย  $Co^{2+}$  เข้มข้น 1 โมลต่อลิตร และอีกครึ่งเซลล์ไฟฟ้า ประกอบด้วยแท่งแพลตินัมจุ่มลงในสารละลาย  $Cl^-$  เข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ซึ่งมีก๊าซคลอรีนความดัน 1 บรรยากาศผ่านอยู่ เมื่อต่อครึ่งเซลล์ไฟฟ้าทั้งสองปรากฏว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็น +1.63 โวลต์ และขั้วไฟฟ้าโคบอลต์เป็นแอโนด (กำหนดให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์มาตรฐานคลอรีน เท่ากับ 1.36 โวลต์)

18. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ไฟฟ้าเคมีนี้คือข้อใด

1.  $Co + 2Cl^- \rightarrow Cl_2 + Co^{2+}$                       2.  $Co + Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + Co^{2+}$   
3.  $Co^{2+} + 2Cl^- \rightarrow Co + Cl_2$                       4.  $Co^{2+} + Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + Co$

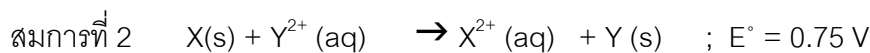
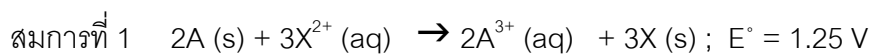
จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการตอบคำถาม

- $Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$  ;  $E^\circ = -0.14 V$  .....A  
 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$  ;  $E^\circ = 0.08 V$  .....B  
 $Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$  ;  $E^\circ = -0.13 V$  .....C  
 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$  ;  $E^\circ = 0.34 V$  .....D  
 $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$  ;  $E^\circ = -1.67 V$  .....E

19. จงเรียงลำดับความสามารถเป็นตัวรีดิวซ์จากมากไปน้อย

1. E, A, C, B, D                      2. D, B, C, A, E                      3. C, A, E, B, D                      4. D, B, E, A, C

กำหนดศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์สมมติดังนี้



20. จงหาศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ตามแผนภาพ  $A/A^{3+}/Y^{2+}/Y$

1. 0.05 V                      2. -0.50 V                      3. 2.00 V                      4. -2.00 V

21. ข้อความใดต่อไปนี้ ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับเซลล์กัลวานไฟฉาย

1. แท่งคาร์บอนเป็นแคโทด และแผ่นสังกะสีเป็นแอโนด
2. ปฏิกิริยาที่ขั้วบวก คือ  $2NH_4^+ + 2MnO_2 + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3 + 2NH_3 + H_2O$
3. ปฏิกิริยาที่แอโนดคือ  $Zn + 4NH_3 \rightarrow Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e^-$
4.  $NH_4Cl$  เป็นอิเล็กโทรไลต์

เปรียบเทียบเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ โดยพิจารณาข้อสรุปต่อไปนี้

- A. ไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบ และไอออนลบจะวิ่งเข้าหาขั้วบวกเสมอในเซลล์ทั้งสองชนิด
- B. ในเซลล์กัลวานิก ไอออนบวกจะวิ่งไปที่แอโนด และไอออนลบจะวิ่งไปที่แคโทด ส่วนในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ไอออนบวกและลบจะวิ่งไปที่แคโทดและแอโนด ตามลำดับ
- C. ในเซลล์กัลวานิก ขั้วของแอโนดและแคโทดจะเป็นขั้วลบและขั้วบวก ตามลำดับ ส่วนในเซลล์อิเล็กโทรไลต์แอโนดคือขั้วบวก และแคโทดคือขั้วลบ
- D. อิเล็กตรอนไหลจากแอโนดไปแคโทด เมื่อต่อสายภายนอกของเซลล์กัลวานิก ส่วนในเซลล์อิเล็กโทรไลต์อิเล็กตรอนมาจากแบตเตอรี่เข้าสู่ขั้วแอโนด

22. ข้อใดสรุปได้ ถูกต้อง

1. C                      2. B, D                      3. A, D                      4. A, C, D

23. ถ้าต้องการชุบธาตุอาหารด้วยโครเมียมโดยวิธีอิเล็กโทรลิซิส ควรทำอย่างไร

1. ใช้ธาตุอาหารเป็นแอโนด เกิดปฏิกิริยา  $Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$
2. ใช้ธาตุอาหารเป็นแอโนด เกิดปฏิกิริยา  $Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3e^-$
3. ใช้ธาตุอาหารเป็นแคโทด เกิดปฏิกิริยา  $Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$
4. ใช้ธาตุอาหารเป็นแคโทด เกิดปฏิกิริยา  $Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3e^-$

24. ข้อใดต่อไปนี้อธิบายเกี่ยวกับแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง

1. ระยะเวลาจ่ายไฟ ค่าศักย์ไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ในแบตเตอรี่มีค่าคงที่
2. ระยะเวลาจ่ายไฟ สารที่เข้าทำปฏิกิริยาเป็นสารชนิดเดียวกัน
3. ตัวรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชันเท่ากับ 4
4. ระดับความเข้มข้นของกรดมีผลต่อศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

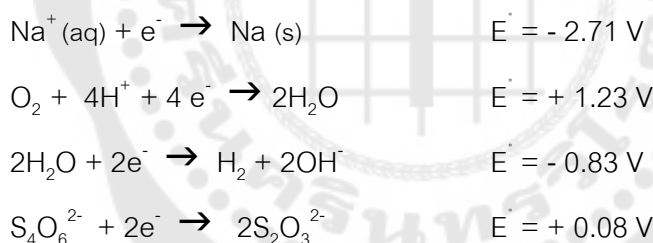
การผลิตโลหะแมกนีเซียมจากน้ำทะเล กำหนดขั้นตอนให้ดังนี้

- |   |                 |
|---|-----------------|
| A. เติมสารละลายเบสลงในน้ำทะเล           | B. ระเหยแห้ง    |
| C. ใช้กรด HCl ทำปฏิกิริยากับ $Mg(OH)_2$ | D. แยกด้วยไฟฟ้า |
| E. ทำให้ $MgCl_2$ เป็นของเหลว           |                 |

25. การเรียงลำดับขั้นตอนในการผลิตโลหะแมกนีเซียมจากน้ำทะเล ข้อใดถูกต้อง

1. B A C E D      2. A C B E D      3. A C E D B      4. A B C E D

กำหนดข้อมูลค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน ต่อไปนี้



26. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการแยกสารละลาย  $Na_2S_2O_3$  ด้วยไฟฟ้า

1. ได้แก๊สออกซิเจนที่แอโนด ได้สารละลาย  $S_4O_6^{2-}$  ที่แคโทด
2. ได้โลหะโซเดียมที่แอโนด ได้แก๊สไฮโดรเจนที่แคโทด
3. ได้สารละลาย  $S_4O_6^{2-}$  ที่แอโนด ได้แก๊สไฮโดรเจนที่แคโทด
4. ได้แก๊สออกซิเจนที่แอโนด ได้โลหะโซเดียมที่แคโทด

27. ข้อความใดเกี่ยวกับการป้องกันการผุกร่อนข้อใดไม่ถูกต้อง

1. การป้องกันการผุกร่อนของโลหะมีวิธีต่าง ๆ แต่มีหลักการเดียวกันคือป้องกันไม่ให้โลหะสัมผัสกับออกซิเจนหรือน้ำ
2. การนำโลหะเหล็กผูกติดกับสังกะสีสามารถป้องกันการผุกร่อนได้วิธีการดังกล่าวเรียกว่า cathodic
3. การรมดำแผ่นโลหะ นิยมใช้สารละลาย  $\text{NaNO}_3$  และ  $\text{NaOH}$  เพื่อป้องกันการผุกร่อนของโลหะ
4. Anodic Protection เป็นวิธีหนึ่งป้องกันการผุกร่อนของโลหะได้ดี

จงใช้ข้อมูลค่า  $E^\circ$  ของครึ่งเซลล์ต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 28-29



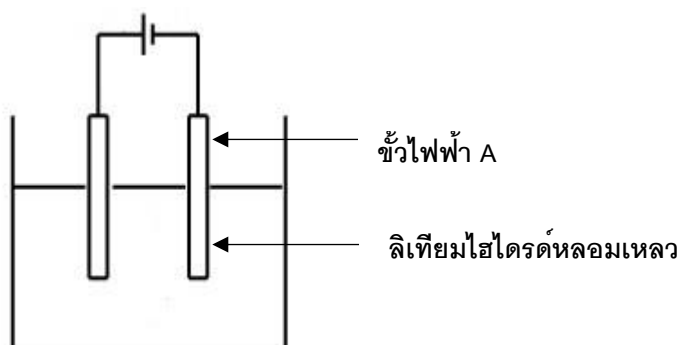
28. ถ้าจุ่มแท่งเหล็กลงในสารละลายต่อไปนี้  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{SnSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$  และ  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  แท่งเหล็กจะกร่อนในสารละลายใดบ้าง

1.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{SnSO}_4$
2.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$
3.  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$
4.  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{SnSO}_4$

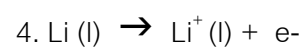
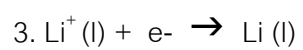
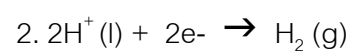
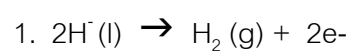
29. การเกิดสนิมของโลหะเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับแก๊สออกซิเจนและความชื้นในอากาศได้เป็นออกไซด์ของโลหะ แนวโน้มที่จะเกิดสนิมของโลหะเรียงจากมากไปน้อยได้ดังข้อใด

1. Fe, Zn, Al, Cu
2. Cu, Fe, Zn, Al
3. Al, Zn, Fe, Cu
4. Al, Zn, Cu, Fe

30 ในการทำอิเล็กโทรลิซิสของลิเทียมไฮไดรด์ โดยใช้แพลทินัมเป็นขั้วไฟฟ้า ดังภาพ



ที่ขั้วไฟฟ้า A เกิดปฏิกิริยาใด





ภาคผนวก ง  
ภาพกิจกรรมและตัวอย่างผลงานนักเรียน









## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวปัทมพร จันทชัยภูมิ  
วัน เดือน ปี เกิด 19 มีนาคม 2533  
สถานที่เกิด จังหวัดสุพรรณบุรี  
วุฒิการศึกษา พ.ศ. 2556  
วิทยาศาสตร์ เคมี (กศ.บ 5 ปี)  
จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

