

ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย
เรื่องเซลล์กลวานิกเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กาญจนา วงศ์ไชยา

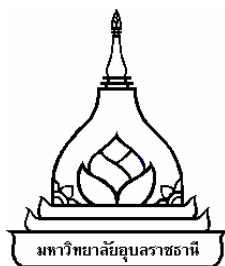
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



EFFECTS OF PREDICT-EXPLAIN-OBSERVE- EXPLAIN-DISCUSS
OF GALVANIC CELL TO IMPROVE SCIENCE PROCESS SKILLS
FOR GRADE 12 STUDENTS

KANJANA WONGCHAIYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBONRATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF UBONRATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กลไก
เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัย นางกาญจนา วงศ์ไชยา

คณะกรรมการสอบ

ดร.สนธิ พลชัยยา

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา

กรรมการ

ดร.สุภาพ ตาเมือง

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา)

.....
(อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์.รองศาสตราจารย์ ดร) (รองศาสตราจารย์ ดร(อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์.
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา ที่ให้คำปรึกษา แนะนำอันมีคุณค่ายิ่ง ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน และการเขียนรายงานการวิจัย การแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการวิจัยแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา ดร.สุภาพ ตาเมือง และ ดร.สนธิ พลชัยยา ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ พร้อมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คุณค่าอันพึงมีจากการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และคุณครูที่เคารพอย่างสูงยิ่ง หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

กาญจนา วงศ์ไชยา

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย
เรื่องเซลล์กลวานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัย : กาญจนา วงศ์ไชยา

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะวัน วุฒิเสลา

คำสำคัญ : เซลล์กลวานิก, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, การจัดการเรียนรู้แบบ
ทำนาย-สังเกต-อธิบาย, การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-
อภิปราย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียน และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาคะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กลวานิก แบบแผนวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 25 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องเซลล์กลวานิกแบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการประเมินความสามารถในการทำนาย สังเกต อธิบาย และอภิปราย สถิติที่ใช้ในการวัดข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที่แบบกลุ่มเดียวไม่อิสระต่อกัน การหาสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทางการเรียนทั้งชั้นเรียนในระดับปานกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับปานกลาง ผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนมีคะแนนในการทำนายสูงสุดและต่ำสุดในทักษะการอภิปราย

ABSTRACT

TITLE : EFFECTS OF PREDICT-EXPLAIN-OBSERVE-EXPLAIN-DISCUSS
OF GALVANIC CELLS ON THE IMPROVEMENT OF GRADE 12 STUDENTS'
SCIENCE PROCESS SKILLS

AUTHOR : KANJANA WONGCHAIYA

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. KARNTARAT WUTTISELA, Ph.D.

KEYWORDS : GALVANIC CELL, SCIENCE PROCESS SKILLS, PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN,
PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN-DISCUSS

The aims of this research were to investigate students' academic achievement, normalized gain of their academic achievement and science process skills, correlation between science process skills and student achievement, and scores of their abilities to predict, observe, explain, and discuss in class following the use of the predict-explain-observe-explain-discuss strategy in relation to galvanic cells. A one group pre-test/post-test design was implemented. Participants in the study were 25 grade 12 students in the first academic semester of 2015. The research instruments were lesson plans in regard to galvanic cells following the predict-explain-observe-explain-discuss strategy, an achievement test, a scientific process skill test, and a rubric score for evaluation of science process skills and the students' abilities to predict, observe, explain, and discuss. Data were analyzed by the use of means, standard deviations, t-test dependents, Pearson correlation, and normalized gains. Results showed that the students had average scores for science process skills and academic achievement in the post-test that were higher than the average pre-test scores at a .05 statistically significant level. The class average normalized gain was at the medium level. Correlation between science process skills and student achievement was positive at the medium level and the average score of predict-observe-explain-discuss was a medium level. The students had the highest average score for prediction skills and the lowest average score for discussion.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนายน-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย	7
2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	8
2.3 น้ำมะนาว น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	18
3.2 แบบแผนการวิจัย	18
3.3 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ	19
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	28
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	29
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	34
4.2 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	36
4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	44
4.4 ผลการวิเคราะห์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย	45

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	52

เอกสารอ้างอิง

54

ภาคผนวก

ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	61
ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	63
ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	85
ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	101

ประวัติผู้วิจัย

105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สรุปเนื้อหาและจำนวนชั่วโมงเรียนที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย	4
2.1	เปรียบเทียบปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และพลังงานของ น้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ ต่อปริมาณ 100 กรัม	12
2.2	เปรียบเทียบปริมาณกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิกและปริมาณกรดทั้งหมด ของน้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ ต่อปริมาณ 100 กรัม	13
2.3	ค่า pH ค่าสภาพการนำไฟฟ้า และค่าศักย์ไฟฟ้า ที่มีน้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์	13
2.4	คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำหน่อไม้ดอง	14
2.5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดของน้ำหน่อไม้ดอง ด้วยวิธี CG	14
3.1	เนื้อหาย่อยและการทดลองของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กลวานิก	21
3.2	เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	24
3.3	ความหมายของระดับคะแนนในแบบประเมินการประเมินทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย- อภิปราย	26
3.4	เกณฑ์การประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย	27
3.5	การแปรค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	33
4.1	ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน รายชั้น	34
4.2	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล	35
4.3	ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายชั้น	36
4.4	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายบุคคล	38
4.5	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายทักษะ ทักษะละ 3 คะแนน	39
4.6	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายบุคคล high gain, medium gain และ low gain แบ่งเป็น จำนวนคน และร้อยละ	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.7	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	44
4.8	ผลการวิเคราะห์การทำงาน อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ในการเรียน เรื่องเซลล์กลวานิก คะแนนเต็มขั้นละ 3 คะแนน	46
4.9	ผลการวิเคราะห์ความสามารถการทำงาน อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย รายบุคคล	49
ง.1	ค่าความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเซลล์กลวานิกกับจุดประสงค์การเรียนรู้	102
ง.2	ค่าความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์กับเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	103
ง.3	ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กลวานิก	103

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย	8
4.1	ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	36
4.2	ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล	36
4.3	ตัวอย่างการตั้งสมมติฐานที่เคา ไม่มีเหตุผล (1 คะแนน)	
4.4	ตัวอย่างการกำหนดและควบคุมตัวแปร ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้อย่างถูกต้อง ทั้ง 3 ตัวแปร (3 คะแนน)	40
4.5	ตัวอย่างทักษะการทดลอง ที่ระบุอุปกรณ์ และสารเคมีถูกต้อง เขียนวิธีการทดลองถูกต้อง วาดภาพประกอบการทดลองถูกต้องทั้ง 3 ส่วน (3 คะแนน)	41
4.6	ตัวอย่างการตีความหมายและลงข้อสรุป มีสรุปผลการทดลองตามคำถามการทดลองได้ถูกต้อง 2 ใน 3 ส่วน (2 คะแนน)	42
4.7	ตัวอย่างทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตาราง หรือกราฟ แต่ระบุข้อมูลในองค์ประกอบของตารางหรือกราฟไม่ถูกต้องบางส่วน (2 คะแนน)	42
4.8	ตัวอย่างทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล อภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือเปรียบเทียบกับสมมติฐานถูกต้องครบถ้วน อย่างใดอย่างหนึ่ง (2 คะแนน)	42
4.9	คะแนนร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	45
4.10	ตัวอย่างการอธิบายที่ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์	47
4.11	ตัวอย่างการทำนายผลถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	47
4.12	(a) ตัวอย่างการสังเกตที่ถูกต้องบางส่วน (b) การอภิปรายที่ถูกต้องบางส่วน	48
4.13	คะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนรายบุคคล	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงเรียนโคมประดิษฐ์วิทยา ตำบลโคมประดิษฐ์ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี เป็นโรงเรียนขนาดกลาง มีนักเรียนประมาณ 500 คน ตั้งอยู่เขตชายแดน ไทย-ลาว-กัมพูชา อยู่ห่างจากอำเภอมืองประมาณ 120 กิโลเมตร นักเรียนที่อยู่ในเขตบริการ คือ ตำบลโคมประดิษฐ์ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม จากผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555 ถึงปีการศึกษา 2557 พบว่าเรื่องไฟฟ้าเคมีเป็นหนึ่งในเนื้อหาที่นักเรียนได้คะแนนต่ำ โดยมีเรื่องเซลล์กัลวานิกเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้เพื่อให้เข้าใจเนื้อหาอื่นๆ ของไฟฟ้าเคมี ซึ่งเนื้อหาที่มีความสลับซับซ้อนและค่อนข้างยาก มีกิจกรรมการทดลองที่ต้องทำความเข้าใจและใช้จินตนาการเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในระดับโมเลกุล นอกจากนี้หลายกิจกรรมต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี รวมทั้งสื่อการสอนอีกมากในการอธิบายเนื้อหาต่างๆ ประกอบกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้รับงบประมาณจำกัดในการจัดซื้ออุปกรณ์และสารเคมี ทำให้ได้อุปกรณ์และสารเคมีไม่ครบและไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้ ตามกิจกรรมการเรียนรู้ในหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม ของสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดังนั้นการนำวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น (ศิริวรรณ ต้นหยง, 2554) เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรตามบริบทของโรงเรียน

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา พบว่าชั่วโมงเรียนใดที่นักเรียนได้ทำการทดลอง นักเรียนจะรู้สึกตื่นเต้น มีความอยากรู้อยากเห็น และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น เมื่อสอบถามนักเรียนว่าชอบเรียนโดยใช้การทดลองหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่จะตอบว่าชอบดีกว่าการบรรยายเพราะการเรียนแบบบรรยายน่าเบื่อ ง่วงนอน ไม่มีแรงจูงใจในการเรียน หลังจากตรวจรายงานผลการทดลองของนักเรียนพบว่าโดยส่วนมาก การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การบันทึกผล การอธิบายผล การทดลอง การสรุปและอภิปรายผล ยังไม่ถูกต้องตามหลักการและยังเขียนสับสน ขาดการคิดที่เป็นระบบ การแยกแยะเนื้อหา ลำดับเนื้อหา และขาดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการจะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น ครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฝึกกระบวนการคิดให้กับผู้เรียนให้มีโอกาสทำกิจกรรมให้มากที่สุด (อุบลวรรณ ใต้ทอง, 2554) การ

ส่งเสริมทักษะการทดลอง จะเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะเป็นทักษะที่ได้ลงมือปฏิบัติจริงและต้องใช้ทักษะอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร ทักษะการคำนวณ การบันทึกผลข้อมูล อภิปรายสรุปผล เป็นต้น (กิ่งแก้ว นวลศรี, 2551) ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงควรจัดให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติการทดลองและฝึกด้วยตนเอง (อนันต์ ศิริทองสุข, 2549) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความรู้ความเข้าใจ รู้จักเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล คิดแก้ปัญหา คิดอย่างเป็นระบบเกิดทักษะกระบวนการ มีความคิดสร้างสรรค์สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์

การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ (รุจิระ การิสุข, 2554; น้ำค้าง จันเสริม, 2551) ที่จะส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) เป็นขั้นตอนในการเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะเกิดอะไรขึ้น ผลเป็นอย่างไร ซึ่งในขั้นนี้แสดงให้เห็นถึงความรู้เดิมของนักเรียน (Wu and Tsai, 2005) หลังจากทำนายแล้วก็ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวโดยนักเรียนจะต้องออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลอง สังเกตผล และนำความรู้มาอธิบายด้วยตนเอง รวมทั้งอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจากการสังเกต (ศราวุธ นาเสงี่ยม, 2553) วิธีนี้สามารถกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้และเกิดความเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น และการทำการทดลองเป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง (อนันต์ ศิริทองสุข, 2549) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (อุบลวรรณ ไททอง, 2554) ปรับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (Kele, 2010) นักเรียนมีทักษะการทดลองสูงขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก ผลการทำนาย-สังเกต-อธิบายของนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก และส่งเสริมให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน (มิ่งนิตี โทพวงษ์, 2557) การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ทำให้ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลอยู่ในระดับปานกลางและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (กัญพร เครือคำ, 2556) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้ของ White and Gunstone (1992) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอน นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ยังถูกนำมาพัฒนาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (Predict-Discuss-Explain-Observe-Discuss-

Explain: PDEOD) สำหรับเปลี่ยนแปลงมโนคติและประเมินความเข้าใจเรื่องการควบแน่น ซึ่งสามารถลดจำนวนผู้ที่มีมโนคติคลาดเคลื่อนเรื่องการควบแน่น คือ หลังจากการสอนความเข้าใจของนักศึกษาถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยวัดจากการทำแบบทดสอบและการสัมภาษณ์ ซึ่งมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนหลังจาก

ทดสอบหลังเรียน และการทดสอบความคงทนลดลงเมื่อเทียบกับก่อนเรียน (Bayram Costu, Alipasa Ayas and Mansoor Niaz, 2011)

จากการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเนื้อหาอื่น และเรื่องเซลล์กัลวานิกเป็นเนื้อหาพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ไฟฟ้าเคมี และเมื่อจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการทดลองพบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์น้อย ทราบได้จากการจัดการเรียนรู้ที่มีการทำการทดลองทุกครั้งนักเรียนส่วนใหญ่จะไม่สามารถตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร ปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลการทดลอง การอธิบายผล สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ด้วยตนเอง ตลอดจนขาดความคล่องแคล่วในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากขาดการฝึกฝน นอกจากนี้นักเรียนไม่คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง จะใช้การถามครูผู้สอนโดยไม่คิดก่อน ไม่มีการทำนายผลการทดลองไว้ก่อน และทำนายการทดลองโดยใช้วิธีการเดารวมทั้งไม่สามารถอธิบายและอภิปรายการทดลองนั้นๆ ได้ เมื่อนักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำไปด้วย ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและมุ่งหวังที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จึงศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กัลวานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กัลวานิก มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 1.2.4 เพื่อศึกษาคะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนระหว่างเรียน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องเซลล์กัลวานิกมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง
- 1.3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง

1.3.3 ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนเรื่องเซลล์กลวานิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก ในระดับปานกลาง และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.4 คะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างเรียนเรื่องเซลล์กลวานิก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 แบบแผนการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียว (one group pretest-posttest design)

1.4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มเดียวกันคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 25 คน

1.4.3 เนื้อหาในการวิจัย คือ เรื่องเซลล์กลวานิก ในวิชาเคมี 4 เพิ่มเติม รหัสวิชา ว33224 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ครอบคลุมเนื้อหา ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สรุปเนื้อหาและจำนวนชั่วโมงเรียนที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

แผนที่	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
1	การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กลวานิก	3
2	การเขียนแผนภาพเซลล์กลวานิก	2
3	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	2
4	เซลล์ความเข้มข้น	1

1.4.4 ระยะเวลาในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โดยการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 ชั่วโมง

1.4.5 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.5.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

1.4.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 1) คะแนนและความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน

- 3) ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลอง
- 4) คะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย (Predict-Explain-Observe-Explain-Discuss) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1.5.1.1 ขั้นทำนาย (Predict) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดจากการทดลองหรือกิจกรรม สถานการณ์ที่กำหนดให้

1.5.1.2 ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องให้เหตุผล เพื่ออธิบายการทำนายจากการทดลองหรือกิจกรรม สถานการณ์ที่กำหนดให้ในขั้นทำนาย เหตุใดจึงทำนายเช่นนั้น

1.5.1.3 ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องออกแบบการทดลอง และลงมือปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลการทดลอง เพื่อหาคำตอบของการทดลองที่นักเรียนได้ทำนายไว้ในขั้นทำนาย

1.5.1.4 ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำผลการทดลองมาอธิบาย รวมถึงแสดงเหตุผลของผลการทดลอง

1.5.1.5 ขั้นอภิปราย (Discuss) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี และเปรียบเทียบกับผลการทำนายในขั้นทำนาย ว่าสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร และแลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆ ในแต่ละกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน

1.5.2 คะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตรวจใบกิจกรรมการทดลองของนักเรียนระหว่างเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย จำนวน 4 แผน เวลา 8 ชั่วโมง

1.5.3 คะแนนทำนาย อธิบาย หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตั้งสมมติฐาน ซึ่งประกอบด้วยการทำนาย และการให้เหตุผลของการทำนายนั้นๆ อันเป็นการฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการทำนาย เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์

1.5.4 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องเซลล์กลไกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 4 แผน เวลา 8 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

1.5.5 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 6 ทักษะ ดังนี้ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล เนื่องจากในแบบทดสอบทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการวิจัยไม่ได้กำหนดให้มีการจำแนกประเภท การวัด การทำนาย การสังเกต การพยากรณ์ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา จึงทำการวัดเพียง 6 ทักษะ โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละทักษะแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3

1.5.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องเซลล์กัลวานิก แบบ 2 ส่วน (2-teir test) ชุดเดียวกัน ส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัยมี 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัยให้เหตุผลแบบปลายเปิดที่สนับสนุนการตอบในตัวเลือก

1.5.7 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก ชุดเดียวกัน เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

1.5.8 ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียน วัดได้จากผลต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.5.9 ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน วัดได้จากผลต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.5.10 ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กัลวานิก สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง แล้วนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีและการทดสอบ O-NET ให้เพิ่มสูงขึ้น

1.6.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้ต่อไป

1.6.3 นำผลที่ได้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเคมีในหัวข้ออื่นๆ หรือนำไปประยุกต์ใช้วิชาที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 2

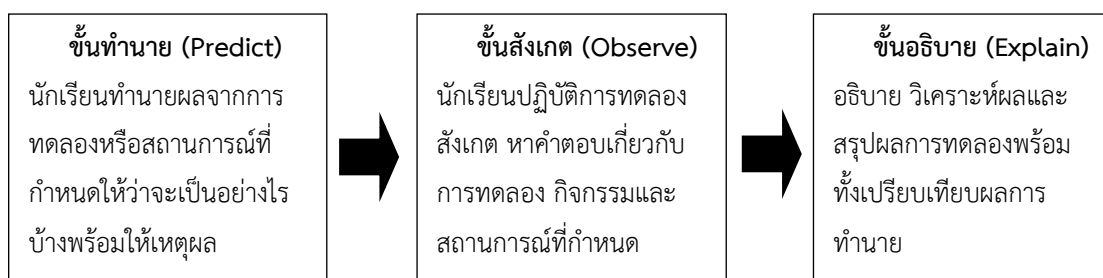
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กลไกวานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ ทำการศึกษาค้นคว้า รวบรวมเอกสาร แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางพื้นฐาน ในการทำวิจัย ดังหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย
- 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 น้ำมะนาว น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ปรับมา จากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (รุจิระ การิสุข, 2554; น้ำค้าง จันเสริม, 2551) ครูสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อ ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ เพราะจะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดง ความ คิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) ช่วยให้นักเรียน สำรวจ ค้นหาและหาเหตุผลมาอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนได้ (รุจิระ การิสุข, 2554) การจัดการ เรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำนาย ขั้นสังเกต และขั้น อธิบาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) ซึ่งเริ่มจากการนำเสนอ สถานการณ์ต่างๆ แล้วให้นักเรียนทำนายถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงผลจะเป็นอย่างไร ในขั้นนี้แสดงให้เห็นถึงความรู้เดิมของนักเรียน (Wu and Tsai, 2005) หลังจากการทำนายแล้ว ก็ให้ นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวแล้วนำความรู้มาอธิบายผลด้วยตนเอง รวมทั้งอธิบายถึงความ แตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจากการสังเกต (ศราวุธ นาเสี่ยม, 2553) วิธีการนี้สามารถกระตุ้น ให้เกิดการเรียนรู้รวมถึงการพัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ ของผู้เรียนเพิ่มมากขึ้นและเกิดความเข้าใจ เนื้อหาได้มากขึ้น (Kearney, 2004)



ภาพที่ 2.1 สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542) หรือเป็นทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ (วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2531) จนทำให้เกิดความเจริญงอกงามมีสติปัญญาในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลอง (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (America Association for Advancement of Science: AAAS, 1989) ได้ระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตร SAPA ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการได้รวบรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ 13 ทักษะดังนี้

2.2.1 ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (basic science process skills) ประกอบด้วย

- 2.2.1.1 ทักษะการสังเกต
- 2.2.1.2 ทักษะการวัด
- 2.2.1.3 ทักษะการคำนวณ
- 2.2.1.4 ทักษะการจำแนกประเภท
- 2.2.1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา
- 2.2.1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
- 2.2.1.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
- 2.2.1.8 ทักษะการพยากรณ์

2.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม หรือบูรณาการ (integrated science process skills) ประกอบด้วย

- 2.2.2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

2.2.2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร

2.2.2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.2.2.4 ทักษะการทดลอง

2.2.2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะกระบวนการทั้ง 2 ประเภท รวมแล้วมีทั้งหมด 13 ทักษะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ทักษะการสังเกต (observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าไปสัมผัสกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ เพื่อหาข้อมูลหรือรายละเอียดของสิ่งต่างๆ โดยไม่เพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแต่ละข้อมูลมีลักษณะ ดังนี้

(1.1) การสังเกตข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างสังเกตเกี่ยวกับรูปร่างและสมบัติประจำตัวของสิ่งที่สังเกต เช่น รูปร่าง สี กลิ่น รส เสียง ลักษณะพื้นผิว ความร้อนเย็น เช่น เมื่อใช้ตาดูลูกอมชนิดหนึ่งบอกว่า มีรูปร่างกลม สีแดง เป็นต้น

(1.2) การสังเกตข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นการสังเกตโดยการบอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เป็น การสังเกตที่ต้องมีสิ่งอ้างอิง การอ้างอิง อาจทำโดยการกะประมาณ หรืออ้างอิงกับหน่วยมาตรฐานใดๆ เช่น น้ำตาลทรายหนักประมาณ 1 กิโลกรัม

(1.3) การสังเกตข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลง เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ สิ่งต่างๆ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดของลูกตุ้มสีเหลืองเมื่อได้รับความร้อน ดังนี้ ลูกตุ้มสีเหลืองนั้นมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนในที่สุดละลายหายไปภายในเวลา 5 นาที เป็นต้น

(2) ทักษะการวัด (measurement) หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดอย่างเหมาะสม และใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน โดยมีหน่วยวัดมาตรฐานกำกับเสมอ ซึ่งหน่วยวัดมาตรฐานที่ใช้เป็นสากลในปัจจุบันคือ ระบบหน่วย SI (international system of units หรือ systeme international d' unite's) การวัดจะต้องอาศัยทักษะในการวัด ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง สามารถเลือกใช้เครื่องมือสำหรับวัดอย่างเหมาะสม และอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอการวัดจะมี 3 ประเภท คือ การวัดความยาว การวัดมวล (ชั่ง) และการวัดปริมาตร (ตวง)

(3) ทักษะการคำนวณ (using number) หมายถึง ความสามารถในการนับจำนวน การใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ การตัดสินใจว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน สามารถคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จาก

การสังเกต การวัด การทดลอง โดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

(4) ทักษะการจำแนกประเภท (classification) หมายถึงความสามารถในการแบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การแบ่งสิ่งของหรือการเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นของตนเองหรือของผู้อื่นเป็นผู้กำหนด นอกจากนี้ยังมีการบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งพวก หรือเรียงลำดับสิ่งของที่ผู้อื่นทำไว้ เป็นต้น

(5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา(space/space relationship and space/time relationship) สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น สเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ (Dimensions) คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง หรือความหนาของวัตถุ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา อธิบายได้ ดังนี้

(5.1) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรง 2 มิติ กับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่บ่งว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ได้แก่ การบ่งชี้รูปทรง 2 มิติ กับ 3 มิติได้บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้ บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงาและภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้ เป็นต้น

(5.2) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา หมายถึงความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ 3 มิติ ความสามารถในการระบุรูปทรง ขนาด ตำแหน่งและทิศทาง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาต่างๆ เช่นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของน้ำแข็งที่เปลี่ยนแปลงไปในเวลาต่างๆ เป็นต้น

(6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดจำแนกประเภทเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ และการเขียนบรรยาย เป็นต้น

(7) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายหรือสรุปข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง หรือจากการวัด การทดลอง โดยเพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวที่มีเหตุผลลงไป ความคิดเห็นส่วนตัวที่เพิ่มลงไปจะได้จากการใช้ความรู้เดิมประสบการณ์เดิมและข้อมูลเดิมมาประกอบ

(8) ทักษะการพยากรณ์ (prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายผลเหตุการณ์ หรือ สิ่งที่เกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูล ความสัมพันธ์ หลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่แล้วเป็นแนวทางการพยากรณ์ อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ และการพยากรณ์ภายนอก ขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลให้ความเชื่อมั่นหรือมีโอกาสผิดพลาด ได้น้อยกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูล

(9) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) หมายถึงการคิดหาคำตอบหรือสรุป คำตอบของปัญหาล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม คำตอบล่วงหน้าเป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎี

(10) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) หมายถึงความสามารถ ในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือข้อความ เพื่อให้เป็นที่เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกต หรือวัด หรือตรวจสอบได้ง่าย

(11) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variables) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสมมติฐานหนึ่งการ ควบคุมตัวแปรเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

(11.1) ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) หมายถึง สิ่งที่ทำให้แตกต่างกัน ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เกิดผล ซึ่งคาดว่าจะแตกต่างกัน มีความเป็นอิสระในตัวเอง

(11.2) ตัวแปรตาม (Dependent variable) หมายถึงสิ่งที่ต้องติดตามผล ซึ่งเป็นผลมาจากการ จัดสถานการณ์บางอย่างให้แตกต่างกัน ไม่มีความเป็นอิสระในตัวเอง ต้องแปรเปลี่ยนไปตามตัวแปร ต้น

(11.3) ตัวแปรควบคุม (Controlled variable) หมายถึงสิ่งที่เราต้องควบคุมจัดให้ เหมือนกัน เพื่อให้แน่ใจว่าผลการทดลองเกิดจากตัวแปรต้นเท่านั้น

(12) ทักษะการทดลอง (experimenting) หมายถึงความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อทดสอบ สมมติฐานที่ตั้งขึ้น กระบวนการในการทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง

(13) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) หมายถึงความสามารถในการตีความหมายข้อมูลโดยการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และลงข้อสรุป โดยการบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2.3 น้ำมะนาว น้ำเสาวรศ น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง

2.3.1 น้ำมะนาว

มะนาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus aurantifolia swingle* ชื่อสามัญ lime องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและมีมากที่สุดในน้ำมะนาว คือกรดซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริก (Citric) และกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic) กรดนี้จะช่วยให้ผักผลไม้คงความสดได้นานขึ้น ช่วยดึงสีที่ซ่อนอยู่ในอาหารให้ปรากฏเด่นชัด องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ของน้ำมะนาวคือกรด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ ประกอบด้วยกรดชนิดต่างๆ คือ กรดซิตริก ร้อยละ 91.7 กรดมาลิก ร้อยละ 4.9 กรดควินิก และกรดฟอสฟอริก ร้อยละ 0.5 กรดที่ไม่ได้จำแนกชนิดร้อยละ 2.5 (อรุณรัตน์ แสงศิลา, 2546)

2.3.2 น้ำเสาวรศ

เสาวรศหรือกระทกรกฝรั่งหรือ Passion Fruit อยู่ในตระกูล Passifloraceae เสาวรศแบ่งเป็น 2 ชนิด คือผลสีม่วงและชนิดผลสีเหลือง ผลสีเหลืองเนื้อในให้ความเป็นกรดสูงกว่าชนิดสีม่วง จึงมีรสเปรี้ยวมากและใช้แปรรูปเป็นหลัก น้ำเสาวรศเป็นน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงถึงประมาณร้อยละ 3.5 โดยส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริก แม้เสาวรศจะให้น้ำผลไม้เปรี้ยวจัด แต่รสเปรี้ยวก็ไม่ได้เกิดจากวิตามินซี ความเปรี้ยวเกิดจากกรดมะนาว น้ำเสาวรศ มีค่า pH เท่ากับ 2.79 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า 6.27 ± 0.00 mS/cm (ศิริวรรณ ตันหยง, 2554)

2.3.3 น้ำมะเขือเทศ

ผลมะเขือเทศมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 4.0-4.6 และปริมาณกรดทั้งหมดมีประมาณร้อยละ 0.39-0.64 ในรูปของกรดซิตริก ปริมาณกรดทั้งหมดนี้มีความสำคัญต่อกลิ่น รสชาติ และการนำเอาผลมะเขือเทศไปทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ กรดที่พบมากที่สุดในผลมะเขือเทศคือ กรดซิตริก และกรดมาลิก ซึ่งมีรวมกันประมาณร้อยละ 60 ของกรดทั้งหมด โดยผลมะเขือเทศแก่และเริ่มสุกจะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและจะค่อยๆ ลดลงในระยะที่มะเขือเทศสุก โดยปริมาณกรดมาลิกจะลดลงก่อน และตามด้วยกรดซิตริก อัตราส่วนของกรดมาลิกต่อกรดซิตริกจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนกรดมาลิกเป็นกรดซิตริก (ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, 2545)

เมื่อนำน้ำมะนาว น้ำเสาวรศ และน้ำมะเขือเทศ มาเปรียบเทียบส่วนประกอบ ดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และพลังงานของน้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ ต่อปริมาณ 100 กรัม

ชนิดของสาร	ไขมัน (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	เส้นใย (กรัม)	พลังงาน (แคลอรี)
น้ำมะนาว	2.4	0.4	5.9	0.3	36
น้ำเสาวรส	2.0	2.3	16.0	3.5	91 (385 KJ)
น้ำมะเขือเทศ	น้อยมาก	0.8	4.0	ไม่มีข้อมูล	19

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบปริมาณกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิกและปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ ต่อปริมาณ 100 กรัม

ชนิดของสาร	กรดซิตริก (ร้อยละ)	กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
น้ำมะนาว	5.5	33.00	5.97
น้ำเสาวรส	2.97	20.07	3.50
น้ำมะเขือเทศ	0.23-0.38 (ร้อยละ 60 ของกรดทั้งหมด)	16.00	0.39-0.64

น้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ ถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติความเป็นกรด-เบส ค่าสภาพการนำไฟฟ้า และค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วโลหะสังกะสี และทองแดง เพื่อใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในการประดิษฐ์แบตเตอรี่อย่างง่าย (ศิริวรรณ ต้นหยง, 2554) ได้ผลดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่า pH ค่าสภาพการนำไฟฟ้า และค่าศักย์ไฟฟ้า ที่มีน้ำมะนาว น้ำเสาวรส และน้ำมะเขือเทศ เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์

ชนิดสารละลาย อิเล็กโทรไลต์	ค่า pH	ค่าสภาพการ นำไฟฟ้า mS/cm	ค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วโลหะ Zn (ขั้ว -) และ Cu (ขั้ว +) (โวลต์)
น้ำมะนาว	2.00 ± 0.02	5.38 ± 0.01	1.00 ± 0.00
น้ำเสาวรส	2.79 ± 0.00	6.27 ± 0.00	1.00 ± 0.00
น้ำมะเขือเทศ	3.83 ± 0.02	5.17 ± 0.01	0.95 ± 0.00

2.3.4 น้ำหน่อไม้ดอง

การดองหน่อไม้ เป็นการถนอมอาหารแบบหนึ่งที่ยิยมเมื่อผลผลิตของหน่อไม้ออกผลผลิตจำนวนมาก ทำให้สามารถมีผลผลิตรับประทานตลอดฤดูกาล และสามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้ กรรมวิธีการผลิตหน่อไม้ดองมีลักษณะใกล้เคียงกับการดองในผักชนิดอื่น เช่น กะหล่ำปลีดอง (sauerkraut) กิมจิ (kim chi) เป็นต้น (จารุณี จิงสถาปัตย์ชัย, 2551) การดองหน่อไม้เป็นการหมักที่ทำให้เกิดกรดแลคติก โดยกรรมวิธีจะดองหน่อไม้ในน้ำเกลือในระยะเวลาที่เหมาะสม อาจเติมส่วนผสมอื่น เช่น น้ำข้าวข้าว น้ำส้มสายชู แป้ง เป็นต้น ลักษณะที่ดีตามธรรมชาติของหน่อไม้ดอง คือ น้ำเกลือที่บรรจุอยู่ต้องไม่มีฝ้าขาวหรือฟองที่เกิดจากการดอง มีสีที่ดีตามธรรมชาติของหน่อไม้ดอง ไม่คล้ำ น้ำจะมีสีขาวขุ่น ค่า pH น้อยกว่า 4.5 มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของหน่อไม้ดอง ไม่มีกลิ่นรสนิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเน่า เนื้อหน่อไม้ที่ดองต้องไม่เละหรือเปื่อยยุ่ย จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของน้ำหน่อไม้ดอง (วิบูลย์ เจริญสง่างวงศ์, 2556) ผลดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำหน่อไม้ดอง

คุณลักษณะ	ลักษณะทางกายภาพและเคมี
สี	ขาวขุ่นและมีตะกอน
กลิ่น	ฉุน เปรี้ยว
pH	3-4
เกลือ (%)	6
COD (g/L)	19.99
BOD (g/L)	11.27

เมื่อนำน้ำหน่อไม้ดองมาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายด้วยวิธี CG (วิบูลย์ เจริญสง่างวงศ์, 2556) พบว่า มีกรดดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดของน้ำหน่อไม้ดอง ด้วยวิธี CG

ชนิดของกรด	ปริมาณ (g/L)
กรดอะซิติก	6.12
กรดโพรพิโอนิก	0.54
กรดบิวไทริก	0.55

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้ศึกษามากมาย เช่น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ (วิทวัส ดวงภูมิเมศ, 2548) การหาความสัมพันธ์ของผลสอบจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากผลการปฏิบัติการทดลองเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวก (วรพงษ์ กาแก้ว, 2554) การจัดการเรียนรู้วิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคซิมเพล็กซ์ ในรายวิชาฟิสิกส์ (สุพรรณิ พรพุทธิชัย, 2551) ในรายวิชาเคมี เรื่องสารในชีวิตประจำวัน (อภิัญญา ชี้อตระกูลพานิชย์, 2550) การสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED³U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การสำรวจและค้นหา (Explore) 2) การวินิจฉัย (Diagnose) 3) การออกแบบ (Design) 4) การอภิปราย (Discuss) และ 5) การนำความรู้ (Use) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มการทดลองและนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองทันทีและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างกัน แสดงว่านักเรียนกลุ่มการทดลองมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา (ชัยณรงค์ แก้วสุก, 2550) การใช้กิจกรรมยุวมอดิน นักเรียนมีทักษะการทดลองในระดับดี เนื่องจากนักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองอย่างทั่วถึง และมีเวลาในการปฏิบัติการทดลองอย่างเต็มที่ (มาลาศรี สะตะ, 2551) การใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาทักษะการทดลอง นักเรียนมีทักษะการทดลองในระดับดี เนื่องจากมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองอย่างมั่นใจมากขึ้น (นุจรี มณีจันทร์, 2553) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์และกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่แตกต่างกัน (ศิวารักษ์ ชนะสงคราม, 2553) การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงกว่าร้อยละ 60 ทุกทักษะ โดยทักษะการสังเกตมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90.97 อยู่ในระดับดีมาก ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทำนาย ทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการทดลองผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 ส่วนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 62.15 และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก (อุบลวรรณ ไททอง, 2554) ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับปานกลาง นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง (มรินทร์ โทผาวงศ์, 2557)

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) ถูกนำไปใช้มากในรายวิชา ฟิสิกส์ เพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์งานและพลังงาน (น้ำค้าง จันเสริม, 2551) สสำรวจมโนคติทางเลือกเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Mabout, 2549; เกียรติภูมิ บำรุงไร, 2553) แสงและการเกิดภาพ (คำไพ พานสี, 2553) โดยในการวิจัยได้ทำการสำรวจมโนติก่อนเรียนเพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 ได้พัฒนามโนคติทางเลือกไปสู่ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ของสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเช่นเดียวกับการศึกษาตัวแทน ความคิดเรื่องของไหล (สงกรานต์ มุลศรีแก้ว, 2553) แสง (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) พบว่านักเรียน มีตัวแทนความคิดที่แสดงออกมาใกล้เคียงกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นกล พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงการเข้าใจมโนคติ รายข้อตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป (เพลินพิศ นามวาด, 2553) การศึกษาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงานพบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (พินิจ แทนมาก, 2554) นักเรียนมีทักษะการทดลองสูงขึ้นและความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก ผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของนักเรียนอยู่ในระดับ ต่ำมาก และส่งเสริมให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน (มีรันตี โทพวงษ์, 2557) การจัดการ เรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ทำให้ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลอยู่ในระดับ ปานกลางและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (กัญชพร เครือคำ, 2556) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนา มาจากการจัดการเรียนรู้ของ White and Gunstone (1992) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริม ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอน นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ยังถูกนำมาพัฒนาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย- อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE) สำหรับเปลี่ยนแปลงมโนคติและประเมินความ เข้าใจเรื่องการควบแน่น ซึ่งสามารถลดจำนวนผู้ที่มีมโนคติคลาดเคลื่อนเรื่องการควบแน่น คือ หลังจาก การสอนความเข้าใจของนักศึกษาถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยวัดจากการทำแบบทดสอบและการสัมภาษณ์ ซึ่งมโนคติที่คลาดเคลื่อนหลังจากทดสอบหลังเรียน และการทดสอบความคงทนลดลงเมื่อเทียบกับ ก่อนเรียน (Bayram Costu, Alipasa Ayas and Mansoor Niaz, 2011)

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์กัลวานิก (ไฟฟ้าเคมี)

เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เช่น การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใน หัวข้อไฟฟ้าเคมี: เซลล์กัลวานิก (พรณธิดา มั่นใจ, 2550) การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสาร ประกอบการสอนร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ศิริวัฒนา คุณปรีक्षा, 2552) การใช้ชุดการสอน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความคงทนในการเรียนรู้อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (จุฑามาศ เจตน์กลกิจ, 2552) การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ร่วมใจ โดยใช้รูปแบบเหมาะสมกับเนื้อหา ได้แก่การสร้างผลสัมฤทธิ์ของทีม แบบกลุ่มแข่งขันแบบกลุ่มร่วมมือ และแบบต่อบทเรียน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีความพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าเรื่องไฟฟ้าเคมีเป็นเนื้อหาที่สามารถจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายและจะได้ผลดียิ่งขึ้นเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติร่วมกับการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมใจ (พรทิพย์ เมืองแก้ว, 2553) การสร้างเซลล์กัลวานิกต้นทุนต่ำและเซลล์แบตเตอรี่อย่างง่ายจากน้ำเสาวรส พบว่าเซลล์กัลวานิกที่สร้างขึ้นสามารถให้ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ถูกต้อง ต้นทุนต่ำ สร้างง่าย และนำกลับมาใช้ได้อีก และยังใช้ปริมาณสารอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งมีองค์ประกอบของโลหะน้อยลงทำให้ลดปริมาณของเสียที่เป็นอันตรายในห้องปฏิบัติการ (ศิริวรรณ ต้นหยง, 2554) การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงกว่าร้อยละ 60 โดยมีทักษะการสังเกตมากที่สุดแต่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุปน้อยที่สุด และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก (อุบลวรรณ ไททอง, 2554)

จากผลการวิจัยข้างต้น กล่าวโดยสรุปคือวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เหมาะกับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สามารถคิดแก้ปัญหา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ปรับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นแบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เพื่อเพิ่มการฝึกทักษะการคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการเรียนเรื่อง เซลล์กัลวานิก เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่องเซลล์กลไกวานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 แบบแผนการวิจัย
- 3.3 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 25 คน โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

3.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวมีการทดสอบก่อนและหลังเรียน (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$O_1 \text{ ----- } X \text{ ----- } O_2 \quad (3.1)$$

โดย O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
 O_2 คือ การทดสอบหลังเรียน (Posttest)
 X คือ การจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

3.3 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กลลวานิก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 แผน รวมเวลา 8 ชั่วโมง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา พุทธศักราช 2551

3.3.1.2 ศึกษาสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.3.1.3 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และวิธีเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

3.3.1.4 ศึกษาเอกสารตำรา หนังสือเรียน ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชา เคมี 4 เรื่องเซลล์กลลวานิก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.3.1.5 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย จำนวน 4 แผน รวม 8 ชั่วโมง

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบ พิจารณาและปรับปรุงแก้ไข

3.3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบ พิจารณาแก้ไข แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1) ให้เขียนแนวคำถามของครู เพื่อนำไปสู่การตอบคำถามของนักเรียนให้ สอดคล้องกับแนวคำตอบที่ตรงตามวัตถุประสงค์

2) ในขั้นทำนาย ครูกระตุ้นการให้เหตุผลในการทำนายที่อาศัยข้อเท็จจริงเพื่อ การอธิบายว่าเหตุใดจึงทำนายเช่นนั้น ในขั้นการอธิบายต่อไป

3) การเขียนแนวคำตอบของใบรายงานการทดลองของนักเรียนแยกขั้นตอนในแต่ละขั้นให้เห็นชัดเจน เช่น การอภิปรายผล ต้องแยกการเปรียบเทียบผลกับทฤษฎีและเปรียบเทียบ กับสมมติฐาน

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาแก้ไข ปรับปรุง แล้วนำมาทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาแก้ไขในส่วนที่ยังบกพร่องก่อนนำไปใช้จริงพบข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขดังนี้

1) เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ต้องกำหนดเวลาให้ชัดเจนในแต่ละขั้นตอน และมีกิจกรรมใดบ้างที่นักเรียนสามารถทำมาก่อน แล้วจึงมาดำเนินกิจกรรมต่อในห้องเรียน เพื่อจะทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด

2) ในการแบ่งกลุ่มนักเรียน ให้แบ่งแบบความสามารถ เพื่อให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ช่วยเหลือกันทั้งในด้านเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กลวานิก ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย จำนวน 4 แผน 8 ชั่วโมง โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้ เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำนาย ขั้นอธิบาย ขั้นสังเกต ขั้นอธิบาย และขั้นอภิปราย ดังนี้

(1) ขั้นทำนาย หลังจากนักเรียนอ่านวิธีการทดลองให้นักเรียนทำนายผลการทดลองก่อนทำการทดลอง

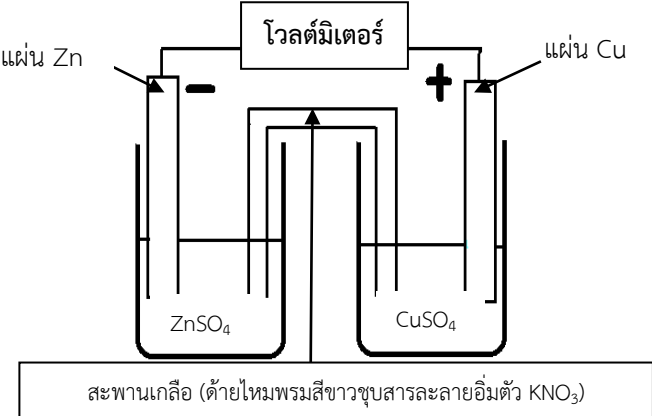
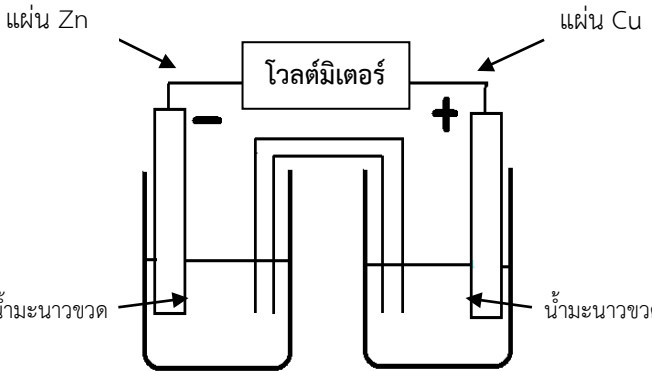
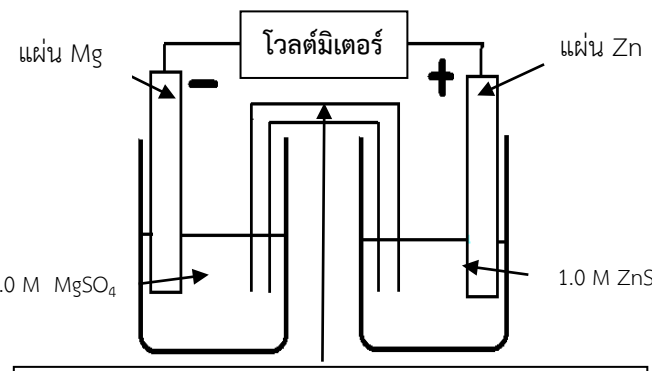
(2) ขั้นอธิบาย นักเรียนแสดงเหตุผลของการทำนาย เหตุใดจึงทำนายเช่นนั้น

(3) ขั้นสังเกต นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองเพื่อหาคำตอบของการทดลองที่นักเรียนได้ทำนายไว้ในขั้นทำนาย

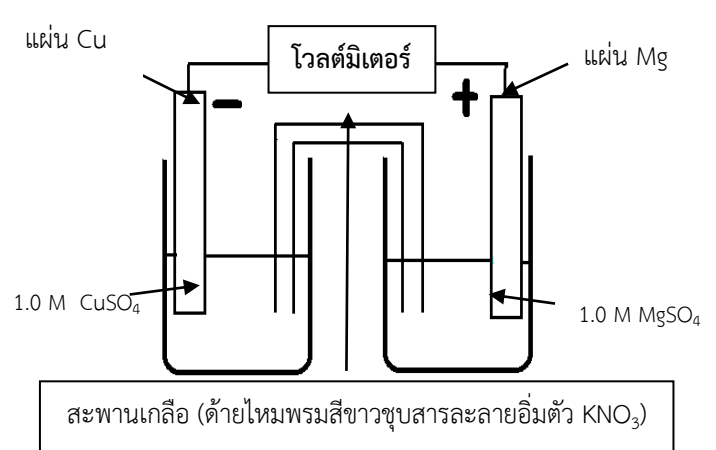
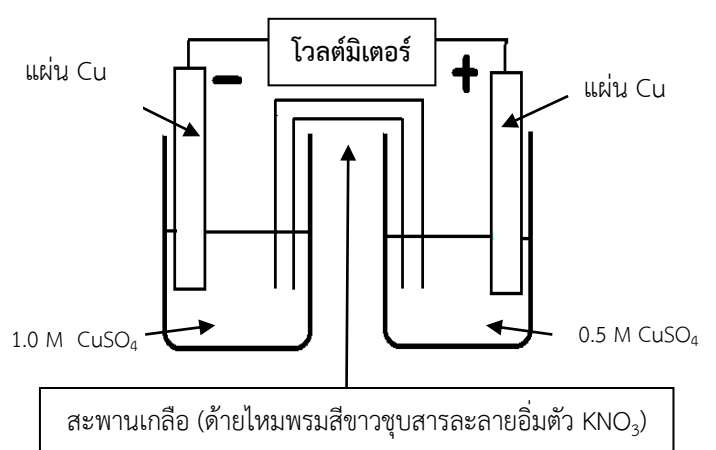
(4) ขั้นอธิบาย นักเรียนนำผลการทดลองมาอธิบาย แสดงเหตุผลของผลการทดลอง

(5) ขั้นอภิปราย นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนๆ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทำนายและทฤษฎี

ตารางที่ 3.1 เนื้อหาย่อยและการทดลองของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก

แผนที่	เนื้อหาย่อย	กิจกรรมการทดลอง
1	เซลล์กัลวานิก	<u>ตอนที่ 1</u> ศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก  สะพานเกลือ (ด้ายไหมพรมสีขาวชุบสารละลายอิ้มตัว KNO_3) <u>ตอนที่ 2</u> ศึกษาผลของชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์  น้ำมะนาวสด ทำการทดลองซ้ำแต่เปลี่ยนสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากน้ำมะนาวสดเป็นน้ำหน่อไม้ดอง
2	การเขียน แผนภาพเซลล์ กัลวานิก	 1.0 M MgSO_4 1.0 M ZnSO_4 สะพานเกลือ (ด้ายไหมพรมสีขาวชุบสารละลายอิ้มตัว KNO_3) - เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.1 เนื้อหาย่อยและการทดลองของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก (ต่อ)

แผนที่	เนื้อหาย่อย	กิจกรรมการทดลอง
3	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	 - อ่านค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ตามทฤษฎี
4	เซลล์ความเข้มข้น	 - อ่านค่าศักย์ไฟฟ้าทุก 5 นาที เป็นเวลา 20 นาที

3.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา

3.3.2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการประเมินผล การเรียน

3.3.2.3 กำหนดและสร้างแบบทดสอบ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ แล้วทำการสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3.3.2.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อแก้ไขความถูกต้องเหมาะสม

3.3.2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วพร้อม แบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อประเมินปรับปรุงแก้ไข

3.3.2.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตรหา ค่า IOC แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50–1.00 (ภาคผนวก ง และตารางที่ ง.1)

3.3.2.7 นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาไปทดสอบกับ นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียนเนื้อหาเรื่องเซลล์กลวานิกมาแล้ว เพื่อหาคุณภาพข้อสอบ

3.3.2.8 นำแบบทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหาค่าความ ยากและหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อพบว่ามีความยาก (p) เท่ากับ 0.57 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.54 (ภาคผนวก ง และตารางที่ ง.3)

3.3.2.9 คัดเลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อ จากข้อสอบที่วิเคราะห์คุณภาพแล้ว นำมา วิเคราะห์ความเชื่อมั่น ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.91 (ภาคผนวก ง)

3.3.2.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นแบบทดสอบจริงเพื่อใช้ เป็นเครื่องมือทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก ข)

3.3.3 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชา มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา

3.3.3.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการ ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3.3.3 กำหนดและสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วทำ การสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3.3.3.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อแก้ไขความถูกต้องเหมาะสม

3.3.3.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วพร้อม แบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อประเมินปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตรหา ค่า IOC แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50–1.00 (ภาคผนวก ง และตารางที่ ง.2)

3.3.3.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นแบบทดสอบจริงเพื่อใช้เป็นเครื่องมือทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก ข)

3.3.4 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแบบประเมิน และเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (ตารางที่ 3.2) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.4.1 ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3.4.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3.4.3 กำหนดและสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3.4.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขความถูกต้องและเหมาะสม

3.3.4.5 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วพร้อมแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อประเมินปรับปรุงแก้ไข

3.3.4.6 จัดทำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะที่ประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1. การตั้งสมมติฐาน	3	เดา มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
	2	เดา มีเหตุผลแต่ไม่ใช่เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
	1	เดา ไม่มีเหตุผล
	0	ไม่มีการหาคำตอบล่วงหน้า
2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	3	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้อย่างถูกต้อง ทั้ง 3 ตัวแปร
	2	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้อย่างถูกต้อง 2 ตัวแปร

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะที่ประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	1	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้อย่างถูกต้อง 1 ตัวแปร
	0	ไม่มีการระบุตัวแปร หรือระบุผิดทุกตัวแปร
3. การทดลอง	3	ระบุอุปกรณ์ และสารเคมีถูกต้อง เขียนวิธีการทดลองถูกต้อง วาดภาพประกอบการทดลองถูกต้อง (ถูกต้องทั้ง 3 ส่วน)
	2	ทำถูกต้อง 2 ใน 3 ส่วน
	1	มีทำถูกต้อง 1 ใน 3 ส่วน
	0	ทำไม่ถูกต้องทั้ง 3 ส่วน
4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	3	สรุปผลการทดลองตามผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วน
	2	สรุปผลการทดลองตามผลการทดลองได้ถูกต้อง 2 ใน 3 ส่วน
	1	สรุปผลการทดลองตามผลการทดลองได้ถูกต้อง 1 ใน 3 ส่วน
	0	สรุปผลการทดลองตามผลการทดลองไม่ถูกต้องได้ถูกต้องหรือไม่สรุปผลการทดลอง
5. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	3	จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตารางหรือกราฟ และระบุข้อมูลในองค์ประกอบของตารางหรือกราฟถูกต้องครบถ้วน
	2	จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตารางหรือกราฟ แต่ระบุข้อมูลในองค์ประกอบของตารางหรือกราฟไม่ถูกต้องบางส่วน
	1	จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตารางหรือกราฟ แต่ไม่ระบุข้อมูลหรือระบุไม่ถูกต้องทั้งหมดในองค์ประกอบของตารางหรือกราฟ
	0	ไม่จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในรูปตารางหรือกราฟ

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะที่ประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
6. การลงความเห็นจากข้อมูล	3	อภิปรายผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีและสมมติฐานถูกต้องครบถ้วน ตามหลักทางวิทยาศาสตร์
	2	อภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือเปรียบเทียบกับสมมติฐานถูกต้องครบถ้วน อย่างใดอย่างหนึ่ง
	1	อภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีและสมมติฐาน ไม่ถูกต้องบางส่วน
	0	ไม่อภิปรายผลการทดลอง หรืออภิปรายไม่ถูกต้องทั้งหมด

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้โดยให้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้านและรายข้อ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความหมายของระดับคะแนนในแบบประเมินการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

ที่	คะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
1	80-100	ดีเยี่ยม
2	75-79	ดีมาก
3	70-74	ดี
4	65-69	ค่อนข้างดี
5	60-64	ปานกลาง
6	55-59	ควรปรับปรุง
7	50-54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
8	0-49	ไม่ผ่านเกณฑ์

3.3.4 แบบประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปรายมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.4.1 ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

3.3.4.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินการทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

3.3.4.3 สร้างแบบประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย และเกณฑ์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

3.3.4.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขความถูกต้องเหมาะสม

3.3.4.5 นำแบบประเมินการทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย และเกณฑ์การประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.3.4.6 จัดทำแบบประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย และเกณฑ์การประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินกับกลุ่มตัวอย่าง (ตารางที่ 3.4)

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

การประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ขั้นทำนาย อธิบาย	0	ไม่สามารถทำนายได้เลย
	1	เขียนทำนายคำตอบล่วงหน้าได้แต่ไม่ให้เกิดผล
	2	เขียนทำนายคำตอบล่วงหน้าได้แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับการทำนาย
	3	เขียนทำนายคำตอบล่วงหน้าพร้อมให้เหตุผลประกอบถูกต้อง (ตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์)
ขั้นสังเกต	0	ไม่ระบุอุปกรณ์ และสารเคมี วิธีการทดลอง ไม่วาดภาพประกอบการทดลอง และปฏิบัติการทดลองไม่ถูกต้องทั้งหมด
	1	ระบุอุปกรณ์ และสารเคมี เขียนวิธีการทดลองถูกต้อง ไม่วาดภาพประกอบหรือวาดไม่ถูกต้อง
	2	ระบุอุปกรณ์ และสารเคมี เขียนวิธีการทดลองถูกต้อง วาดภาพประกอบการทดลองถูกต้องแต่ปฏิบัติการทดลองไม่ถูกต้อง
	3	ระบุอุปกรณ์ และสารเคมี เขียนวิธีการทดลองถูกต้อง วาดภาพประกอบการทดลอง และปฏิบัติการทดลองตามแผนที่วางไว้ถูกต้อง

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย (ต่อ)

การประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ชั้นอธิบาย	0	สรุปและอธิบายผลการทดลองไม่ถูกต้อง หรือไม่สรุปและอธิบาย
	1	สรุปและอธิบายผลการทดลองถูกต้องบางส่วน
	2	สรุปผลการทดลองถูกต้อง แต่ไม่อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์หรืออธิบายถูกต้องบางส่วน
	3	สรุปผลการทดลองถูกต้อง และอธิบายผลการทดลองตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง
ชั้นอภิปราย	0	ไม่อภิปรายผลการทดลอง
	1	อภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีและสมมติฐานไม่ถูกต้องบางส่วน
	2	อภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือเปรียบเทียบกับสมมติฐานถูกต้องครบถ้วน อย่างใดอย่างหนึ่ง
	3	อภิปรายผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีและสมมติฐานถูกต้องครบถ้วน ตามหลักทางวิทยาศาสตร์

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่ วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้โดยให้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้าน ดังตารางที่ 3.3

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์กลวานิกและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน

3.4.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กลวานิก แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย พร้อมกับประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ระหว่างเรียน

3.4.3 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการเรียนเรื่องเซลล์กลวานิก และทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน

3.4.4 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเซลล์กลวานิก และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4.5 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการประเมินการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ระหว่างเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.5.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเซลล์กลวานิก และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Samples และวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี average normalized gain

3.5.2 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ระหว่างเรียนโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย (mean) และร้อยละ (percentage)

3.5.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเซลล์กลวานิก และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
เชิงพฤติกรรมและเนื้อหา

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.6.1.2 หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก จากสูตร (ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.3)$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย
R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบนั้นถูก
N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

3.6.1.3 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก โดยใช้สูตรของ Brennan ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

$$r = \frac{Ru - Rl}{f} \quad (3.4)$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
Ru แทน จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก
Rl แทน จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
f แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

3.6.1.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก โดยใช้สูตร KR_{20} (Kuder–Richardson) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right) \quad (3.5)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
 S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ
P แทน สัดส่วนของคนที่ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ
= $\frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
q แทน สัดส่วนของคนที่ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ คือ $1-p$

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.6.2.1 ใช้ค่าสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรการทดสอบค่า สถิติ t-test แบบ Dependent Samples (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} \quad (3.6)$$

เมื่อ t แทน สถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบผลความมีนัยสำคัญ

D แทน ผลต่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D$ แทน ผลรวมของผลต่างคะแนนก่อนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของผลต่างของคะแนนก่อนและเรียนหลัง

N แทน จำนวนผู้เรียน

3.6.2.2 ใช้ค่าสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรการทดสอบค่า Normalized gain ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เพิ่มขึ้น (กัญชพร เครือคำ, 2556) ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบอกถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ด้านปัญญา หรือความรู้ ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ที่เกิดขึ้นจากการได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ ใช้ค่าสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สูตรการทดสอบค่า Normalized gain (Hake, 1998)

$$\langle g \rangle = \frac{(\%posttest) - (\%pretest)}{(100\%) - (\%pretest)} \quad (3.7)$$

เมื่อ $\langle g \rangle$ แทน ค่า normalized gain

$\%posttest$ แทน ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนสอบหลังเรียน

$\%pretest$ แทน ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนสอบก่อนเรียน

ค่า $\langle g \rangle$ สามารถนำมาแบ่งระดับผลการเรียนที่เพิ่มขึ้น (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) ออกเป็น 3 ระดับ คือ

High gain เมื่อ $\langle g \rangle \geq 0.7$

Medium gain เมื่อ $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

Low gain เมื่อ $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

3.6.2.3 ใช้ค่าสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลไก ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สูตรการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และสัมพันธ์กันอย่างไร ความสัมพันธ์อาจเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือทิศทางตรงข้ามกันซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรและทิศทางของความสัมพันธ์นั้นทราบได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation) มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 มีสูตรในการคำนวณหา ดังนี้

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (3.8)$$

เมื่อ Y แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง x, y

x แทน ตัวแปรตัวที่ 1

y แทน ตัวแปรตัวที่ 2

n แทน จำนวนตัวอย่าง

การบอกระดับความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยทั่วไปใช้เกณฑ์ (Hinkle D. E. et al., 1998) ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การแปลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.91–1.00	สูงมาก
0.71–0.90	สูง
0.51–0.70	ปานกลาง
0.31–0.50	ต่ำ
0.00–0.30	ต่ำมาก

ถ้า r เครื่องหมาย $+$, $-$ หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่หาก r มีเครื่องหมาย $+$ หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูงตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย) หาก r มีเครื่องหมาย $-$ หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่อง เซลล์กลวานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผลการวิจัยตามลำดับ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้น

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย และความก้าวหน้าทางการเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์กลวานิก แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 คะแนน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้น

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	<g>	t
ก่อนเรียน	5.52	27.60	2.10	0.63	26.20*
หลังเรียน	14.60	73.00	2.31		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.52 คะแนน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 14.60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 27.60 และ 73.00 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.40 คะแนน โดยคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และผลการวิจัยสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของ มิรันตี โทพาวงษ์ (2557) เนื่องจากนักเรียนมีทักษะการทดลองสูงขึ้นและความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก ผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก และส่งเสริมให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อได้วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นผลปรากฏว่าผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ของนักเรียนมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 73.00–27.60 เท่ากับ ร้อยละ 45.40 และผลการเรียนสูงสุด ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ มีค่าคิดเป็นร้อยละ 100-27.60 เท่ากับ ร้อยละ 72.40 และผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงคิดเป็นร้อยละ 0.63 เท่า หรือร้อยละ 63 ของผลการเรียนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งหมายถึงความก้าวหน้าทางการเรียน หรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียนมีค่าในระดับปานกลาง (medium gain) ซึ่งพบว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของ กัญชพร เครือคำ (2556) ซึ่งทำให้ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลอยู่ในระดับปานกลางและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

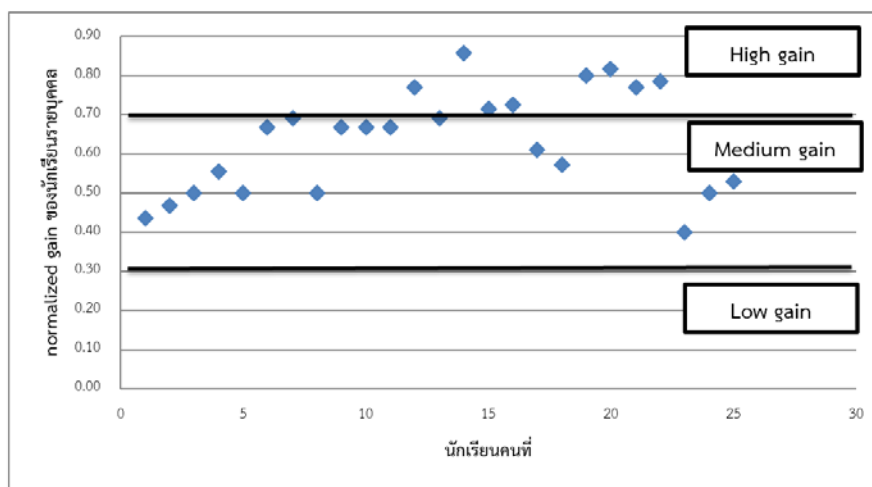
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล จำนวนนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ความถี่ และจำนวนร้อยละ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล

Gain	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
high	8	32.00
medium	17	68.00
low	-	-

จากตารางที่ 4.2 เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่านักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 32.00 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain) และนักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 68.00 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain) (ภาพที่ 4.1) โดยนักเรียนที่อยู่ในระดับสูง (high gain) นั้นเป็นนักเรียนที่มีคะแนนจากการปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และสามารถอธิบายให้เพื่อนๆ ในกลุ่มฟังได้ เมื่อพิจารณาเกรดเฉลี่ยในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่อยู่ในระดับสูง พบว่า อยู่ในช่วง 2.60–3.36 ส่วนนักเรียนที่อยู่ในระดับปานกลาง อยู่ในช่วง 1.80–2.50



ภาพที่ 4.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล

4.2 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายชั้น

ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายชั้นจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายชั้น

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	$\langle g \rangle$	t
ก่อนเรียน	4.40	24.44	2.38	0.51	22.20*
หลังเรียน	11.36	63.11	2.36		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.3 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.40 คะแนน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 11.36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.44 และ 63.11 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเพิ่มขึ้นร้อยละ 38.67 คะแนน โดยคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และผลการวิจัยสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของ อุบลวรรณ ไททอง (2554) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงกว่าร้อยละ 60 ทุกทักษะ โดยทักษะการสังเกตมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90.97 อยู่ในระดับดีมาก ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทำนาย ทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการทดลองผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 ส่วนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 62.15 และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับ นุจรี มณีจันทร์ (2553) การใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาทักษะการทดลองนักเรียนมีทักษะการทดลองในระดับดี เนื่องจากมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองอย่างมั่นใจมากขึ้น และสอดคล้องกับ ศิวารักษ์ ชนะสงคราม (2553) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์และกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่แตกต่างกัน

เมื่อได้วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นผลปรากฏว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ของนักเรียนมีค่าเท่ากับ คิดเป็นร้อยละ 63.11-ร้อยละ 24.44 เท่ากับ ร้อยละ 38.67 และคะแนนสูงสุดที่สามารถที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ มีค่าร้อยละ 100-ร้อยละ 24.44 เท่ากับ ร้อยละ 75.56 และคะแนนที่เพิ่มขึ้นจริงคิดเป็น 0.51 เท่า หรือร้อยละ 51 ของผลการเรียนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งหมายถึงความก้าวหน้าทางการเรียน หรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียนมีค่าในระดับปานกลาง (medium gain) ซึ่งพบว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของ มรินทร์ โทผาวงศ์ (2557) ทักษะการทดลองของนักเรียนรายชั้นอยู่ในระดับดีมาก ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับปานกลาง นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง

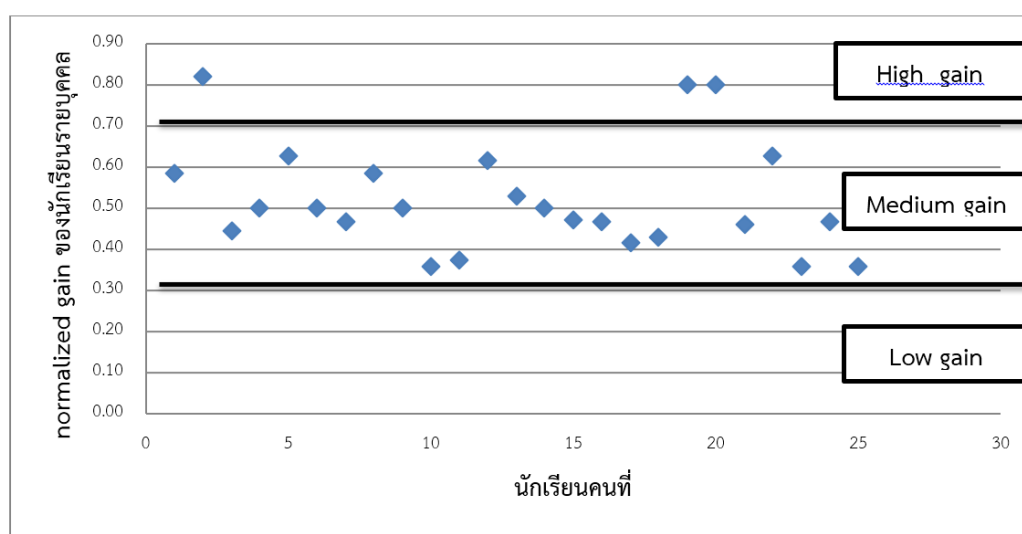
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายบุคคล

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายบุคคล จำนวนนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ความถี่และจำนวนร้อยละ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายบุคคล

Gain	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
high	3	12.00
medium	22	88.00
low	-	-

จากตารางที่ 4.4 เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่านักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 มีความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง (high gain) และนักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 88.00 มีความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain) (ภาพที่ 4.2) โดยนักเรียนที่อยู่ในระดับสูง (high gain) นั้นเป็นนักเรียนที่มีคะแนนจากการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การอธิบาย และสามารถอภิปรายผลการทดลองได้ถูกต้อง



ภาพที่ 4.2 ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล

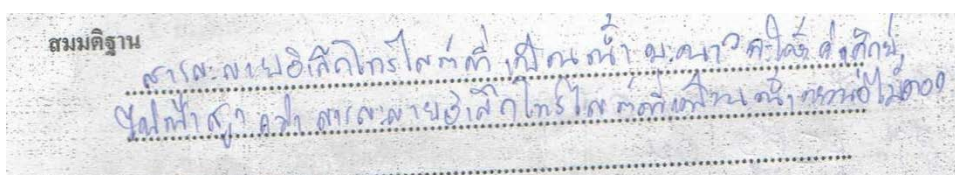
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายทักษะ

ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายทักษะ จากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 4.5

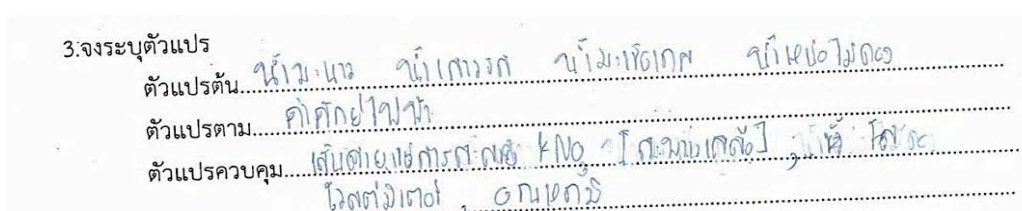
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายทักษะทักษะละ 3 คะแนน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทดสอบก่อนเรียน			ทดสอบหลังเรียน			<g>	ความก้าวหน้า	sig	t
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ				
1. การตั้งสมมติฐาน	0.16	0.37	5.33	1.96	0.73	65.33	0.63	ปานกลาง	.000	11.02
2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	1.08	0.70	36.00	1.96	0.54	65.33	0.46	ปานกลาง	.000	8.37
3. การทดลอง	1.12	0.67	37.33	2.40	0.50	80.00	0.68	ปานกลาง	.000	13.97
4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	0.68	0.94	22.67	1.44	0.71	48.00	0.33	ปานกลาง	.000	7.27
5. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1.28	0.84	42.67	2.28	0.61	76.00	0.58	ปานกลาง	.000	10.00
6. การลงความเห็นจากข้อมูล	0.08	0.28	2.67	1.28	0.54	42.67	0.41	ปานกลาง	.000	12.00
เฉลี่ย	0.73	0.51	24.33	1.89	0.45	63.00	0.51	ปานกลาง	.000	7.61

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายทักษะ พบว่านักเรียนทำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 1.86 คิดเป็นร้อยละ 63.00 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และทุกทักษะนักเรียนมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักเรียนที่ทำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงสุดคือ ทักษะการทดลอง รองลงมาคือการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และน้อยที่สุดคือทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายทักษะ พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความก้าวหน้ามากที่สุด คือ ทักษะการทดลอง รองลงมาคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การกำหนดและควบคุมตัวแปร การลงความเห็นจากข้อมูล และความก้าวหน้าน้อยที่สุด คือ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สำหรับทักษะที่มีความก้าวหน้าสูงที่สุดนั้น เนื่องจากทักษะการทดลองเป็นทักษะที่นักเรียนได้ออกแบบการทดลองเองและลงมือปฏิบัติจริงตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของ อุบลวรรณ ใหทอง (2554) และงานวิจัยที่พัฒนาทักษะการทดลองด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้อื่นๆ ได้แก่ การใช้กิจกรรมยวหม้อดิน นักเรียนมีทักษะการทดลองในระดับดี เนื่องจากนักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองอย่างทั่วถึง และมีเวลาในการปฏิบัติการทดลองอย่างเต็มที่ (มาลาศรี สะตะ, 2551) การใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาทักษะการทดลองนักเรียนมีทักษะการทดลองในระดับดี เนื่องจากมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองอย่างมั่นใจมากขึ้น (นุจรี มณีจันทร์, 2553)



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการตั้งสมมติฐานที่เดา ไม่มีเหตุผล (1 คะแนน)



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการกำหนดและควบคุมตัวแปร ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง ทั้ง 3 ตัวแปร (3 คะแนน)

5. ออกแบบการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. เส้นลวด ขนาด 0.1×10 cm จำนวน 4 เส้น
2. โลหะทองแดง ขนาด 0.5×4 cm จำนวน 4 แผ่น
3. โลหะสังกะสี ขนาด 0.5×4 cm จำนวน 4 แผ่น
4. ขวดใส ขนาด 50 mL จำนวน 8 ใบ

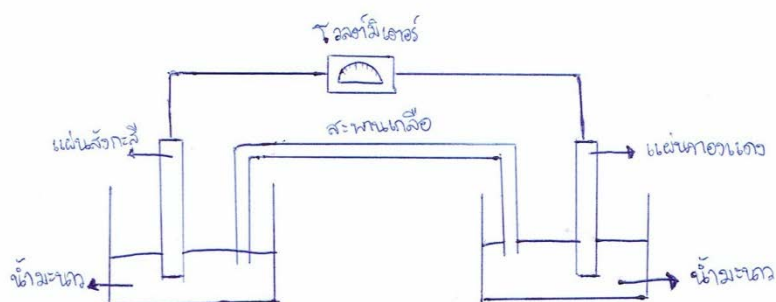
สารเคมี

1. น้ำมะนาว น้ำสอวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำป่นอไมด์อง อย่างละ 50 mL
2. โวลต์มิเตอร์

วิธีการทดลอง

1. นำเส้นลวดมาใช้ในสารละลาย KNO_3
2. ตวงน้ำมะนาวใส่ลงในขวดใส จำนวน 2 ขวด ขวดละ 50 mL
3. จุ่มโลหะทองแดงลงในขวดใบที่ 1 และจุ่มโลหะสังกะสีลงในขวดที่ 2
4. นำขวดทั้งสองมาวางใกล้กัน แล้วนำเส้นลวดจากข้อ 1 มาวางภายในปลายเส้นลวดจุ่มในน้ำมะนาวแต่ละขวด
5. ต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์ โดยโลหะทองแดงต่อเข้ากับขั้วบวก และโลหะสังกะสีต่อเข้ากับขั้วลบ
6. อ่านค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ และบันทึกผล
7. ทำข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนจากน้ำมะนาวเป็น น้ำสอวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำป่นอไมด์อง

วาดภาพประกอบการทดลอง



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างทักษะการทดลอง ที่ระบุอุปกรณ์ และสารเคมีถูกต้อง เขียนวิธีการทดลองถูกต้อง วาดภาพประกอบการทดลองถูกต้องทั้ง 3 ส่วน (3 คะแนน)

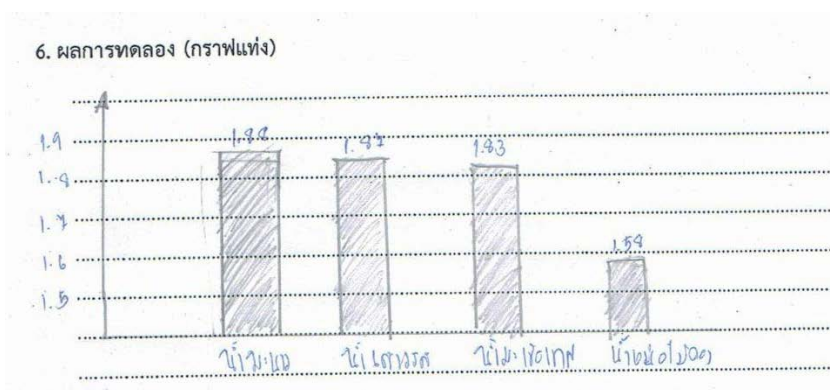
สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า เซลล์ไฟฟ้า Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์ ผลการทดลอง Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์ ผลการทดลอง Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์

ผลสรุปคือ $Cu^{2+} + Mg \rightarrow Cu + Mg^{2+}$

จากการทดลองพบว่า เซลล์ไฟฟ้า Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการตีความหมายและลงข้อสรุป มีสรุปผลการทดลองตามคำถามการทดลอง ได้ถูกต้อง 2 ใน 3 ส่วน (2 คะแนน)



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตาราง หรือกราฟ แต่ระบุข้อมูลในองค์ประกอบของตารางหรือกราฟไม่ถูกต้องบางส่วน (2 คะแนน)

เปรียบเทียบทฤษฎี

จากการทดลองพบว่า เซลล์ไฟฟ้า Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์ ผลการทดลอง Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์

ผลสรุปคือ $Cu^{2+} + Mg \rightarrow Cu + Mg^{2+}$

จากการทดลองพบว่า เซลล์ไฟฟ้า Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์

เปรียบเทียบสมมติฐาน

จากการทดลองพบว่า เซลล์ไฟฟ้า Mg (แอโนด) และ Cu (แคโทด) เมื่อเชื่อมต่อกันในสารละลาย Cu^{2+} ได้ค่าความต่างศักย์ 0.01 โวลต์

ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล อภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือเปรียบเทียบกับสมมติฐานถูกต้องครบถ้วน อย่างใดอย่างหนึ่ง (2 คะแนน)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายบุคคล

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ย่อย รายบุคคล จำนวนนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ความถี่ และจำนวน ร้อยละ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ย่อย

รายบุคคล ความก้าวหน้าในระดับสูง (high gain) ความก้าวหน้าในระดับปานกลาง (medium gain) และ ความก้าวหน้าในระดับต่ำ (low gain) แบ่งเป็น จำนวนคน และร้อยละ

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	ความก้าวหน้าใน ระดับสูง		ความก้าวหน้าใน ระดับปานกลาง		ความก้าวหน้าใน ระดับต่ำ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. การตั้งสมมติฐาน	6	24.00	18	72	1	4
2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	3	12.00	18	72	5	20
3. การทดลอง	10	40.00	15	60	-	-
4. การตีความหมายข้อมูลและลง ข้อสรุป	1	4.00	19	76	6	24
5. การจัดกระทำและสื่อ ความหมายข้อมูล	8	32.00	14	56	3	12
6. การลงความเห็นจากข้อมูล	1	4.00	24	96	-	-

จากตารางที่ 4.6 เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ย รายบุคคลของนักเรียนจำนวน 25 คน พบว่าทักษะการทดลองนักเรียนมีความก้าวหน้าในระดับสูงมากที่สุด จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาคือทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และน้อยที่สุดคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4 ส่วนทักษะที่มีความก้าวหน้าในระดับปานกลางมากที่สุดคือ ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 96 รองลงมาคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐานและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และน้อยที่สุดคือการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56 สำหรับทักษะที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำมากที่สุดคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 24 รองลงมาคือ

ทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตั้งสมมติฐาน ส่วนทักษะที่ไม่มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำ คือการลงความเห็นจากข้อมูลและทักษะการทดลอง การที่ทักษะการทดลองนักเรียนมีความก้าวหน้าในระดับสูงจำนวนมากที่สุดและไม่มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำนั้น เนื่องจากเป็นทักษะที่นักเรียนได้ออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติจริง และผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ของ มิรันตรี โทผาวงษ์ (2557) นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะในการทดลองในระดับดีเยี่ยมและสามารถพัฒนาส่งเสริมทักษะการทดลองของนักเรียน

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.3.1 ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 25 คน ผลปรากฏดังตารางที่ 4.7

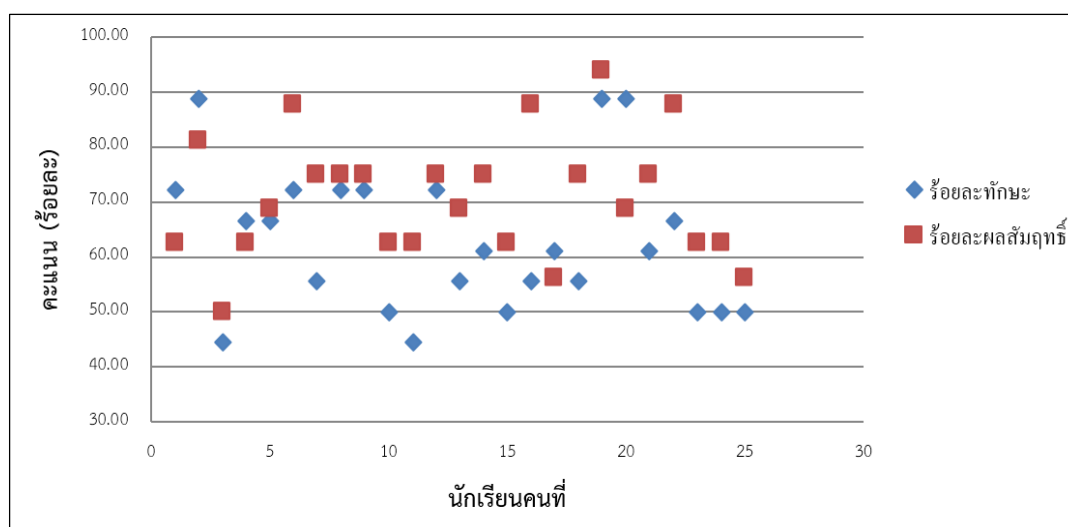
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความสัมพันธ์	ค่าสหสัมพันธ์ (γ)	ค่าที่แบบกลุ่มเดียว ไม่อิสระต่อกัน (t)
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.57	3.44*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทางบวก ในระดับปานกลาง ($\gamma = 0.57$) และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกล่าวคือเมื่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มหรือลดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะเพิ่มหรือลดไปด้วยในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณานักเรียนเป็นรายบุคคล (ภาพที่ 4.9) พบว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีจำนวน 20 คน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีจำนวน 5 คน นักเรียนได้ทำนายผลการทดลองก่อนทำการทดลองได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง และในชั้นอธิบายและอภิปรายนักเรียนได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้กันในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม นักเรียนค้นพบหลักการและทฤษฎีด้วยตนเองทำให้เข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น (นุจรี มณีจันทร์, 2553; อุบลวรรณ ไททอง, 2554) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน ในกรณีที่นักเรียนได้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมากนั้น เมื่อพิจารณาพบว่าส่วนใหญ่ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่างกันมากนักเรียนได้คะแนนร้อยละผลสัมฤทธิ์สูงกว่าคะแนนทักษะ ทั้งนี้เนื่องจากคะแนนทักษะได้จากการปฏิบัติการทดลองในห้องเรียนและการเขียนรายงานการทดลองเท่านั้น ส่วนผลสัมฤทธิ์นักเรียนสามารถทบทวนและหาความรู้เพิ่มเติมได้ตลอดเวลาจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น หนังสือเรียน ห้องสมุด บทเรียนสำเร็จรูป สื่อออนไลน์ทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น



ภาพที่ 4.9 คะแนนร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

4.4 ผลการวิเคราะห์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

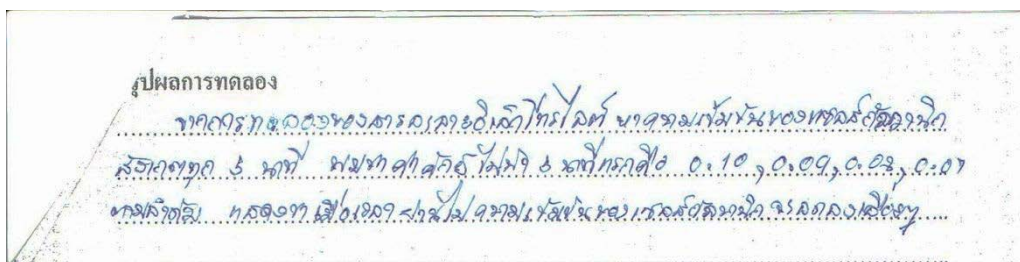
4.4.1 ผลการวิเคราะห์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

ผลการวิเคราะห์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ในการเรียนเรื่องเซลล์กลไกในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย จากเกณฑ์การวิเคราะห์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 25 คน ผลปรากฏดังตารางที่ 4.8

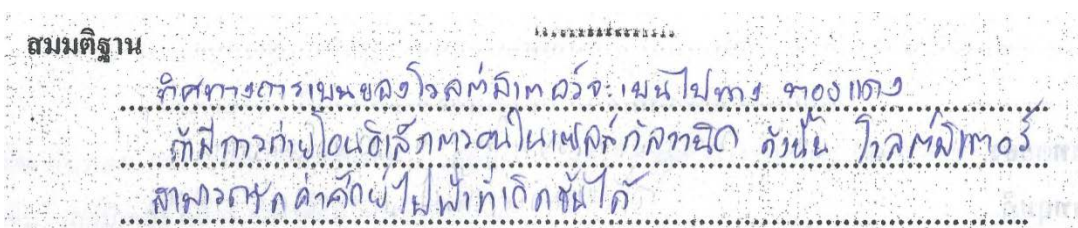
ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์การทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ในการเรียน
เรื่องเซลล์กลวานิกคะแนนเต็มชั้นละ 3 คะแนน

ความสามารถ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละ	การแปลผล
ทำนาย อธิบาย	2.34	0.17	77.87	ดีมาก
สังเกต	2.33	0.32	77.60	ดีมาก
อธิบาย	1.83	0.33	61.07	ปานกลาง
อภิปราย	1.69	0.65	56.27	ควรปรับปรุง
เฉลี่ย	2.02	0.32	68.20	ปานกลาง

จากการวิเคราะห์ผลการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนเรื่องเซลล์กลวานิกโดยภาพรวมพบว่า ร้อยละคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 68.20 อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายย่อยพบว่านักเรียนมีคะแนนการทำนายมากที่สุด รองลงมาคือการสังเกต ได้คะแนนเฉลี่ย 2.43 และ 2.33 ตามลำดับ โดยมีความสามารถในการทำนายอยู่ในระดับดีมากแสดงว่านักเรียนส่วนมากเขียนทำนายคำตอบได้แต่ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับการทำนาย และมีการออกแบบการทดลอง ทำการทดลองตามขั้นตอนที่วางไว้ ใช้วัสดุอุปกรณ์ได้ถูกต้องบางอย่าง บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง มีการรายงานผลการทดลองตามรูปแบบการเขียนรายงานถูกต้องบางส่วน ส่วนการอธิบายนักเรียนมีความสามารถในระดับปานกลาง แสดงว่านักเรียนอธิบายผลการทดลองถูกต้อง แต่ไม่อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 4.10 และคะแนนน้อยที่สุดคือการอภิปราย มีความสามารถอยู่ในระดับควรปรับปรุง แสดงว่านักเรียนอภิปรายผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีและสมมติฐานไม่ถูกต้องบางส่วน การที่นักเรียนมีคะแนนทำนายและการสังเกตอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนสามารถทำนายผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่นักเรียนบางส่วนไม่บอกเหตุผลของการทำนายหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับการทำนาย ดังภาพที่ 4.11 ส่งผลให้การสังเกตนั้นถูกต้องบางส่วนด้วย ดังภาพ 4.12a และเมื่อเข้าสู่ขั้นการอธิบาย นักเรียนสามารถอธิบายผลการทดลองได้ แต่นักเรียนบางส่วนยังอธิบายไม่ครบถ้วนหรือยังไม่ถูกต้อง ทำให้คะแนนการอธิบายอยู่ในระดับปานกลาง และส่งผลต่อการอภิปรายผลด้วยเช่นกัน ซึ่งในขั้นการอภิปรายเป็นขั้นที่นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงผลการทดลองกับทฤษฎีและสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร ในขั้นนี้นักเรียนส่วนมากทำได้ถูกต้องบางส่วน ดังภาพที่ 4.12b หรือไม่ถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนการอภิปรายต่ำสุด ซึ่งผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำแต่ยังอยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง



ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างการอธิบายที่ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างการทำนายผลถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

ออกแบบการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

แผ่นทองแดง ขนาด $0.5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ เส้นลวดสีฟ้า

แผ่นแมกนีเซียมขนาด $0.5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$

ฟิเตอร์

ภาชนะบรรจุ

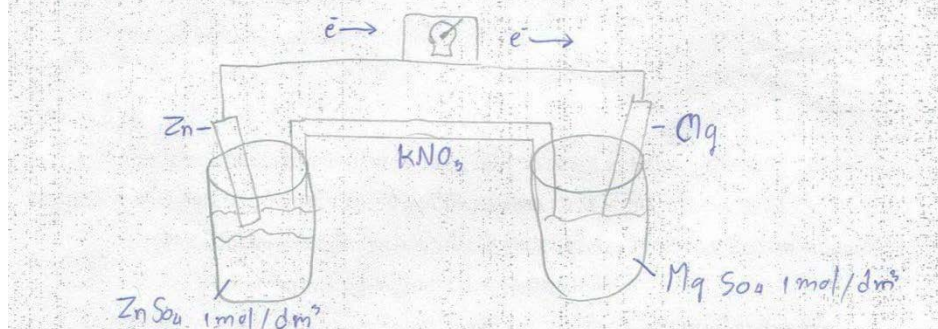
สารเคมี

สารละลาย KNO_3 อิ่มตัว

สารละลาย MgSO_4 1 mol/dm^3

สารละลาย ZnSO_4 1 mol/dm^3

วาดภาพประกอบการทดลอง



(a)

อภิปรายผลการทดลอง

เปรียบเทียบกับทฤษฎี

อิเล็กโทรดแมกนีเซียมจะ Zn ไปกว่า Cu หรือ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ มีผลกับ e^- ของอิเล็กโตรดแมกนีเซียม โดยปฏิกิริยาเคมีคือ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

เปรียบเทียบกับสมมติฐาน

จะได้พบว่า ศักย์ไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของ e^- ของอิเล็กโตรด

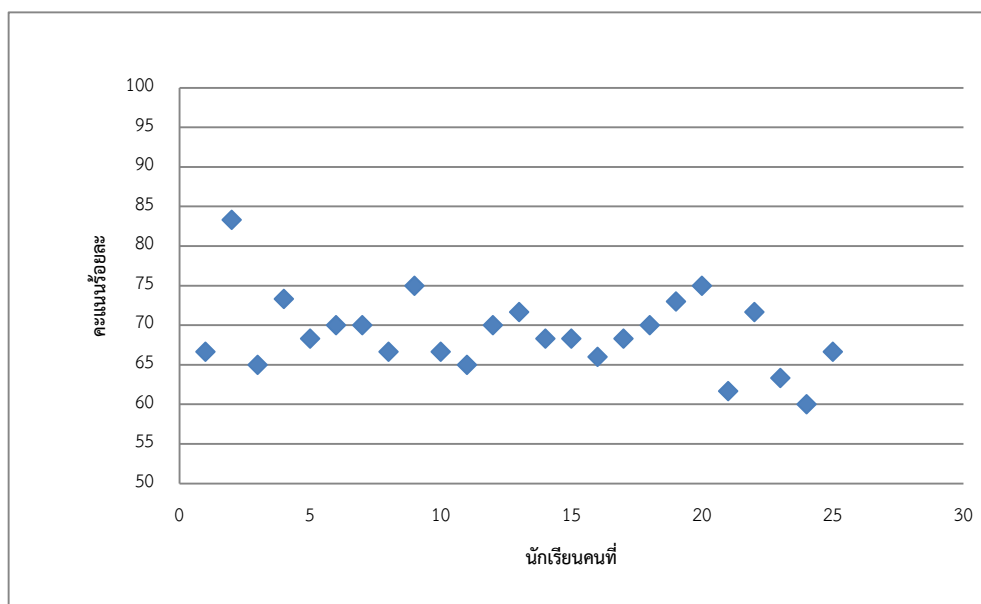
(b)

ภาพที่ 4.12 (a) ตัวอย่างการสังเกตที่ถูกต้องบางส่วน (b) การอภิปรายที่ถูกต้องบางส่วน

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความสามารถการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย
รายบุคคล

ระดับคะแนน	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
ดีเยี่ยม	1	4.00
ดีมาก	2	8.00
ดี	8	32.00
ค่อนข้างดี	10	40.00
ปานกลาง	3	12.00
ควรปรับปรุง	1	4.00
ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	-	-
ไม่ผ่านเกณฑ์	-	-

เมื่อพิจารณารายบุคคล (ตารางที่ 4.9) พบว่านักเรียนมีคะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ในระดับดีเยี่ยม และควรปรับปรุง ระดับละ 1 คน ระดับดีมาก 2 คน ระดับปานกลาง 3 คน ระดับดี 8 คน และมากที่สุดคือระดับค่อนข้างดี 11 คน ไม่มีนักเรียนได้คะแนนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและไม่ผ่านเกณฑ์ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 คะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ของนักเรียนรายบุคคล

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่อง เซลล์ กัลป์วานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย เรื่อง เซลล์ กัลป์วานิก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปผลแยกเป็น 4 ประเด็นดังนี้

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน

5.1.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้น

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิกของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain)

5.1.1.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล

ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลนักเรียนร้อยละ 32.00 ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain) และนักเรียนร้อยละ 68.00 อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain)

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5.1.2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายชั้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain)

5.1.2.2 ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายบุคคล

ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลนักเรียนร้อยละ 12.00 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain) และนักเรียนร้อยละ 88.00 อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain)

5.1.2.3 ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายทักษะ

ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายทักษะ พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความก้าวหน้ามากที่สุด คือ ทักษะการทดลอง รองลงมาคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การกำหนดและควบคุมตัวแปร การลงความเห็นจากข้อมูล และความก้าวหน้าน้อยที่สุด คือ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1.2.4 ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รายบุคคล

ความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายบุคคล โดยพิจารณาจากจำนวนของนักเรียนที่ได้ high gain พบว่าทักษะการทดลองนักเรียนมีความก้าวหน้าในระดับสูงมากที่สุด รองลงมาคือทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และน้อยที่สุดคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

5.1.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับทักษะการทดลองทางบวกในระดับปานกลาง และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.4 ผลการวิเคราะห์คะแนนการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย

5.1.4.1 ผลการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ในการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กลวานิก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

5.1.4.2 ความสามารถในการทำนาย อธิบาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย รายบุคคล อยู่ในระดับดีเยี่ยม และควรปรับปรุง ระดับละ 1 คน ระดับดีมาก 2 คน ระดับปานกลาง 3 คน ระดับดี 8 คน และมากที่สุดคือระดับค่อนข้างดี 11 คน ไม่มีนักเรียนได้คะแนนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและไม่ผ่านเกณฑ์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยในการจัดการเรียนรู้

5.2.1.1 ในการออกแบบการทดลองให้นักเรียนได้เขียนทั้งในรูปแบบบรรยายพร้อมวาดภาพประกอบจะทำให้นักเรียนเข้าใจรายละเอียด และสามารถจินตนาการการทดลองในขั้นตอนต่างๆ ได้ชัดเจนขึ้น

5.2.1.2 ก่อนการสอนครูควรวางแผนการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำความเข้าใจกับเนื้อหาที่สอนจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหา จัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม และควรตรวจสอบสภาพ

ของเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อมเพื่อให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพครูควรทดลองก่อนเพื่อจะได้ทราบปัญหาและแก้ไขได้ทันทั่วทั้งที่ก่อนนำไปใช้จริง

5.1.2.3 ก่อนทำการทดลองควรมีการสอนใช้เครื่องมือ เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้โวลต์มิเตอร์ การอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์

5.1.2.4 กิจกรรมหรือสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้สามารถจัดรูปแบบให้หลากหลายเน้นเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน สารเคมีควรปรับใช้ตามบริบทของโรงเรียนและท้องถิ่น จะทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

5.1.2.5 การศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย จะจัดกิจกรรมให้นักเรียนศึกษาเป็นกลุ่ม ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม โดยสังเกตพัฒนาการของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละกิจกรรมที่ครูกำลังทำการสอน

5.1.2.6 ครูผู้สอนควรตรวจแบบรายงานกิจกรรมการทดลองและแจ้งให้นักเรียนทราบก่อนที่จะทำการทดลองต่อไป เพื่อเป็นการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความพยายามและตั้งใจในการเรียนรู้กิจกรรมต่อไป

5.1.2.7 ครูควรทำความเข้าใจและให้ความรู้เบื้องต้นหรือทบทวนความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปรายกับนักเรียนให้เข้าใจ ก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

5.1.2.8 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย-อภิปราย ที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อยอาจขึ้นอยู่กับ การควบคุมห้องเรียนของครูผู้สอนและบรรยากาศในห้องเรียนด้วย ดังนั้นครูผู้สอนควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ และช่วยสร้างบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ร่วมด้วย อาจมีการเสริมแรงอยู่ตลอดเวลาขณะที่นักเรียนมีการทำกิจกรรม

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรมีการพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ด้วยเทคนิคการสอนอื่นๆ เพราะเป็นทักษะที่นักเรียนมีความก้าวหน้าน้อยที่สุด

5.2.2.2 ควรพัฒนาความสามารถในการอภิปรายผลการทดลอง เพราะเป็นความสามารถที่นักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุด และอยู่ในระดับควรปรับปรุง จากการวิจัยในครั้งนี้

5.2.2.3 เนื่องจากกิจกรรมการทดลองที่สร้างขึ้นนี้ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจการเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุล ควรมีการสอนด้วยวิดีโอเพิ่มเติม เพื่อแสดงภาพการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในการให้และรับอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

5.2.2.4 ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ทดลองหรือลงมือปฏิบัติจริงจะได้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนต่อไป ซึ่งในการที่จะทำวิจัยครั้งต่อไปนั้นควรใช้กิจกรรมการทดลองในเนื้อหาเรื่องอื่นหรือไม่ก็สร้างกิจกรรมการทดลองขึ้นมาเองเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในทฤษฎีและหลักการมากยิ่งขึ้น

5.2.2.5 การใช้แบบทดสอบควรเป็นแบบทดสอบที่สามารถศึกษาความเข้าใจของนักเรียน โดยดูจากคำตอบและการอธิบายโดยเน้นการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียน ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน และกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยใช้ความเข้าใจมากกว่าความจำสามารถนำไปพัฒนาเพื่อสร้างและพัฒนาแบบทดสอบในเนื้อหาอื่น ๆ ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กริ่งแก้ว นวลศรี. การส่งเสริมทักษะการทดลองและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรม
การทดลองในชุมชนวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต:
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.
- กัญชพร เครือคำ. ความสามารถของนักเรียนในการทำนาย สังเกต อธิบาย อภิปรายในปฏิบัติการ
เรื่องสมดุลเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี,
2556.
- เกียรติมณี บำรุงไร่. การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- คำไพย พานสี. มโนคติทางเลือก เรื่อง แสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
บนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- จารุณี จิงสถาปัตย์ชัย. ผลของกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และปริมาณออกซิเจนต่อการเกิด
สีน้ำตาลของหน่อไม้ดองในระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.
- จุฑามาศ เจตน์กลกิจ. การพัฒนาชุดการสอนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต:
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2552.
- ชัยณรงค์ แก้วสุก. ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED³U ร่วมกับคอมพิวเตอร์
สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการ
เรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- เชิดชัย อมรกิจบำรุง. การสร้างแบบประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของนักเรียนนานาชาติเขตวิทยา เขตสาทร
กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ณราภรณ์ บุญกิจ. “ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสง จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย”, ใน การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11. น.1212-2120. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- นุจรี มณีจันทร์. การพัฒนาชุดการทดลองการหักเหของแสง เรื่องลึกลับจริงลึกลับปรากฏเพื่อพัฒนาทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.
- น้ำค้าง จันเสริม. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict-Observe-explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.
- บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น, 2543.
- ปิยวรรณ ศุภวิฑิตพัฒนา. รายงานวิจัยผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2545.
- พรรณธิดา มั่นใจ. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี: เซลล์กัลวานิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.
- พินิจ แพ่นมาก. การศึกษาความเข้าใจโน้มน้าทางวิทยาศาสตร์รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict-Observe-explain (POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- เพลินพิศ นามवाद. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธี Predict-Observe-explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- พรทิพย์ เมืองแก้ว. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องไฟฟ้าเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ภพ เลหาไพบุลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2542.
- มาลาตรี สะตะ. การใช้กิจกรรมยุวมอดินเพื่อพัฒนาทักษะการทดลองและเจตคติต่อ
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.
- มีรันตี โทผางษ์. ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองในการเรียน
เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.
- รุจิระ การิสุข. การพัฒนาความเข้าใจ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยเพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น,
2543.
- วรพงษ์ กาแก้ว. การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1 ในอำเภอพบพระ จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์
มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 2553.
- วรรณพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. ทฤษฎีและทางปฏิบัติและสืบเสาะหาความรู้ 1-2.
กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์, 2531.
- วิทวัส ดวงกุ่มเมศ. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีผลต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2548.
- วิบูลย์ เจริญสง่างศ์. รายงานวิจัยการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากน้ำทิ้งหม่ไม่ต้องโดยเชื้อ
แบคทีเรียสังเคราะห์แสง. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ, 2556.
- ศราวุธ นาเสงี่ยม. การสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่อง
วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต:
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ศิริวัฒนา คุณปรีक्षा. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เพิ่มเติม ว 40225 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ โดยใช้เอกสารประกอบการสอน ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. ชัยภูมิ: โรงเรียนสตรีชัยภูมิ, 2552.
- ศิริวรรณ ต้นหยง. การพัฒนาเซลล์กัลวานิกต้นทุนต่ำและเซลล์แบตเตอรี่อย่างง่ายจากน้ำเสาวรส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2554.
- ศิวารักษ์ ชนะสงคราม. การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ โครงการวิทยาศาสตร์กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2553.
- สงกรานต์ มุลศรีแก้ว. ตัวแทนความคิดเรื่องของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและ หลังการใช้รูปแบบการสอบแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: CURSALAD PRAE, 2546.
- _____. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 3. กรุงเทพมหานคร: CURSALAD PRAE, 2551.
- สุพรรณิ พรพุทธิชัย. “อิทธิพลของวิชาการสอนโครงการวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคชิมเพล็กซ์ที่มีผล ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทาง วิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา”, วารสาร อิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา. 3(2): 318-332, 2551.
- อนันต์ ศิริทองสุข. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2549.
- อรุณรัศมี แสงศิลา. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นและการประเมินอายุการเก็บ รักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- อุบลวรรณ ไททอง. ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.
- อภิญญา ชี้อตระกูลพานิชย์. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.
- Custu B., Ayas A. and Niaz M. “Investigating the effectiveness of a POE-based teaching activity on students’ understanding of condensation”, **Springer Science**. 40: 47-67, 2011.
- Hake, R.R. “Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”, **American Journal of Physics**. 61(1): 64-74, 1998.
- Hinkle, D.E. et al. **Applied Statistics for the Behavior Sciences**. 4th ed. New York: Houghton Mifflin, 1998.
- Kearney, M. “Classroom Use of Multimedia-Supported Predict-Observe-Explain Tasks in a Social Constructivist Learning Environment”, **Research in Science Education**. 1(34): 427-453, 2004.
- Kele, E. “A study towards correcting student misconception related to the color issue in light unit with POE technique”, **Procedia Social and Behavioral Science**. 1(2): 3314-3319, 2010.
- Wu and Tsai. **University students’ Internet attitudes and Internet self-efficacy**. A study at three universities in Taiwan: Cyber Psychology & Behavior, 2005.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ และตรวจเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ คือ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
2. นางสุพรรณิ ตันโพธิ์ โรงเรียนน้ำยืนวิทยา จังหวัดอุบลราชธานี
3. นางอรรณณ บัวใหญ่ โรงเรียนน้ำยืนวิทยา จังหวัดอุบลราชธานี

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเซลล์กัลวานิก แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

1. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้ $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Fe}(\text{s})$ สารใดทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์

ก. $\text{Fe}(\text{s})$

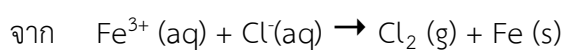
ข. $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$

ค. $\text{Cl}^-(\text{aq})$

ง. $\text{Cl}_2(\text{g})$

ตอบ ข

เพราะ ตัวออกซิไดส์ คือ ธาตุหรือสารที่รับอิเล็กตรอน ซึ่งทำให้เลขออกซิเดชันลดลง



เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number, ON.) +3 -1 0 0

โดย Fe มีเลขออกซิเดชันลดลงจาก +3 เป็น 0

2. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ $\text{Cd} + \text{NiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + \text{Ni}(\text{OH})_2$

1) ครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$

2) NiO_2 เป็นตัวออกซิไดส์

3) Cd ถูกออกซิไดส์ให้เป็น Cd^{2+}

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. 1) และ 2)

ข. 2) และ 3)

ค. 1) และ 3)

ง. 1), 2) และ 3)

ตอบ ง

เพราะ จากปฏิกิริยา $\text{Cd} + \text{NiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + \text{Ni}(\text{OH})_2$

ON. 0 +4 -2 +1 -2 +2 -2 +1 +2 -2 +1

- ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$

- ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน คือ $\text{Ni}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}^{2+}$

- NiO_2 เป็นตัวออกซิไดส์ เพราะมีเลขออกซิเดชันลดลง

- Cd ถูกออกซิไดส์ (ตัวรีดิวซ์) เป็น Cd^{2+} ซึ่งเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น +2

3. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

- 1) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด
- 2) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสะพานไอออน
- 3) เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่จะทำให้เกิดการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์โดยทิศทางของเข็มจะเบนออกจากขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

ก. 1) และ 2)

ข. 1) และ 3)

ค. 2) และ 3)

ง. 1), 2) และ 3)

ตอบ ค

เพราะ 1) ถูกต้อง

2) ผิด เพราะ e^- เคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด สารที่เคลื่อนที่ผ่านสะพานไอออน คือ ไอออนลบและไอออนบวกของสารที่ทำหน้าที่เป็นสะพานเกลือ

3) ผิด เพราะ เข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนจากขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเข้าหาขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

4. จากการทดลองจุ่มแผ่นทองแดงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต แล้วมีผลึกเงินเกาะที่แผ่นทองแดง สารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้า คำอธิบายใดถูกต้องที่สุด

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

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

ค. $\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ag(s)}$ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ง. $\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ag(s)}$ เป็นปฏิกิริยารีดักชัน

ตอบ ก

เพราะ จุ่มแผ่นทองแดงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต แล้วมีผลึกเงินเกาะที่แผ่นทองแดง แสดงว่า

$\text{Ag}^+(\text{aq})$ รับอิเล็กตรอนกลายเป็นผลึกเงิน ดังนี้ $\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ag(s)}$ (ปฏิกิริยารีดักชัน)

สารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้า แสดงว่า แผ่นทองแดงสูญเสียอิเล็กตรอนและกลายเป็นไอออน Cu^{2+} ซึ่งมีสีฟ้า ปฏิกิริยาเป็นดังนี้ $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2e^-$ (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน)

5. ข้อใดต่อไปนีเกี่ยวกับสะพานเกลือกล่าวผิด

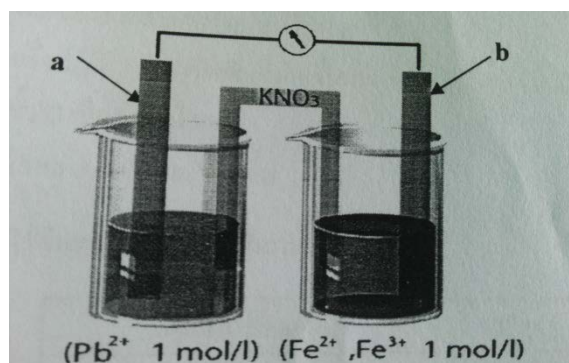
ก. ทำหน้าที่รักษาสสมดุลระหว่างขั้วแอโนดและแคโทด

ข. ป้องกันการสะสมประจุลบในครึ่งออกซิเดชัน

ค. ไอออนลบและไอออนบวกต้องมีความสามารถในการเคลื่อนที่เร็วต่างกัน

ง. เป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำแตกเป็นไอออนได้ดี

ตอบ ค ผิด เพราะ ไอออนลบและไอออนบวกของสารที่ทำหน้าที่เป็นสะพานเกลือต้องมีความสามารถในการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกัน
คำชี้แจง : จงใช้ภาพกัลวานิกต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 6 -7



6. จากรูป a และ b คืออะไรตามลำดับ

- ก. แท่งเหล็กกับแท่งตะกั่ว
- ข. แท่งตะกั่วกับแท่งเหล็ก
- ค. แท่งตะกั่วกับขั้วเฉื่อย Pt
- ง. ขั้วเฉื่อย Pt กับ แท่งตะกั่ว

ตอบ ค

เพราะ ครึ่งปฏิกิริยาเซลล์กัลวานิก ประกอบด้วย โลหะที่ใช้เป็นขั้ว และสารละลายอิเล็กโทรไลต์

- ถ้าโลหะที่ใช้เป็นขั้วเกิดปฏิกิริยา สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะมีไอออนของโลหะนั้น
- ถ้าสารละลายอิเล็กโทรไลต์มีไอออนของโลหะชนิดเดียวกัน ซึ่งเกิดปฏิกิริยามากกว่า 1 ไอออน

โลหะที่ใช้เป็นขั้วจะใช้ขั้วเฉื่อย

ดังนั้น a เป็นแท่งตะกั่ว (Pb) จุ่มในสารละลาย Pb^{2+}

b เป็นขั้วเฉื่อย (แพลทินัม, Pt) จุ่มในสารละลาย Fe^{3+} , Fe^{2+}

7. จากรูปข้อใดกล่าวผิด

- ก. a เป็นขั้วบวก
- ข. b เป็นขั้วแคโทด
- ค. $Pb^{2+}(aq)$ เป็นตัวออกซิไดส์
- ง. ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น คือ $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

ตอบ ข

เพราะ เข้มของโวลมิเตอร์เบนเข้าหาขั้ว a แสดงว่า a เป็นขั้วบวกหรือขั้วแคโทด ส่วน b เป็นขั้วลบหรือขั้วแอโนด ส่วนข้อ ก, ค และ ง ถูก

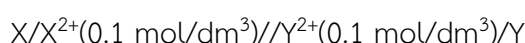
8. ข้อใดเป็นคำกล่าวที่**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับเซลล์กัลวานิก

- ก. ที่ขั้วแอโนดมีการให้อิเล็กตรอน
- ข. ที่ขั้วบวกเกิดรีดักชัน
- ค. ขั้วแอโนดเป็นขั้วลบ
- ง. ขั้วลบเกิดรีดักชัน

ตอบ ง

เพราะ เซลล์กัลวานิก ขั้วลบคือขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

9. เซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งเขียนภาพได้ดังนี้



ขณะที่เซลล์ไฟฟ้าทำงาน ข้อใดสรุปถูกต้อง

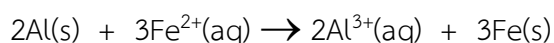
- ก. ขั้ว X เป็นแอโนด ความเข้มข้นของ Y^{2+} เพิ่มขึ้น
- ข. ขั้ว Y เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ศักย์ไฟฟ้าของขั้ว $X > Y$
- ค. ขั้ว Y เป็นแคโทด อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า
- ง. ขั้ว X มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าขั้ว Y ครึ่งเซลล์ทางขวารับอิเล็กตรอน

ตอบ ง

เพราะ จากแผนภาพ $X/X^{2+}//Y^{2+}/Y$ จะได้ว่า

1. X เป็นแอโนด Y เป็นแคโทด
2. ครึ่งเซลล์ X เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งเซลล์ Y เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
3. ครึ่งเซลล์ X มีศักย์ต่ำให้อิเล็กตรอน สารละลายเข้มข้นมากขึ้น
4. ครึ่งเซลล์ Y มีศักย์สูงรับอิเล็กตรอน สารละลายเข้มข้นน้อยลง

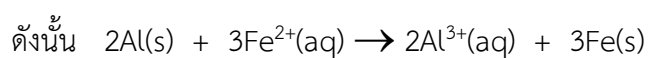
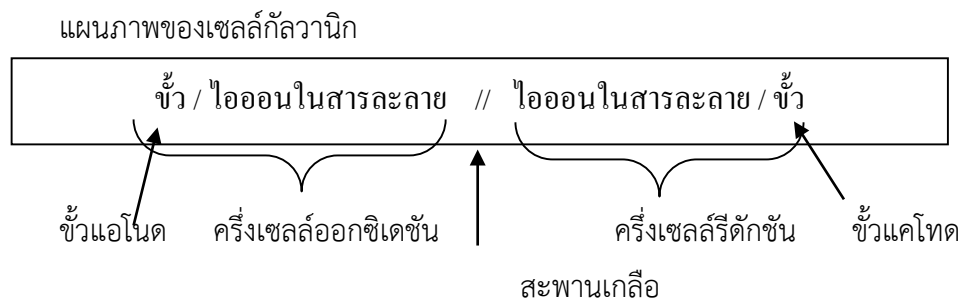
10. เขียนแผนภาพเซลล์จากปฏิกิริยาต่อไปนี้เป็นดังข้อใด



- ก. $Al(s)/Al^{3+}(aq)//Fe^{2+}(aq)/Fe(s)$
- ข. $Fe^{2+}(aq)/Fe(s)//Al(s)/Al^{3+}(aq)$
- ค. $Al^{3+}(aq)/Al(s)//Fe^{2+}(aq)/Fe(s)$
- ง. $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)//Al^{3+}(aq)/Al(s)$

ตอบ ก

เพราะ



จะได้แผนภาพของเซลล์กัลวานิก $\text{Al(s)}/\text{Al}^{3+}(\text{aq})//\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe(s)}$

11. จากแผนภาพเซลล์ต่อไปนี้ $\text{Ni(s)}/\text{Ni}^{2+}(\text{aq})//\text{Cu}^{+}(\text{aq})/\text{Cu(s)}$

ข้อใดต่อไปนี้กล่าวผิด

- ก. ตัวรีดิวซ์ คือ Ni(s)
- ข. ตัวออกซิไดส์ คือ Cu(s)
- ค. ขั้วแอโนด คือ Ni(s)
- ง. ขั้วแคโทด คือ Cu(s)

ตอบ ข

เพราะ ตัวรีดิวซ์ คือ Ni(s)

ตัวออกซิไดส์ คือ $\text{Cu}^{+}(\text{aq})$

ขั้วแอโนด คือ Ni(s)

ขั้วแคโทด คือ Cu(s)

12. จากแผนภาพเซลล์ต่อไปนี้ $\text{X(s)}/\text{X}^{2+}(\text{aq})//\text{Y}^{2+}(\text{aq})/\text{Y(s)}$

ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูก

- ก. ขั้ว X เป็นแคโทด
- ข. X เป็นออกซิไดส์
- ค. ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นที่ขั้ว X
- ง. เซลล์มีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ

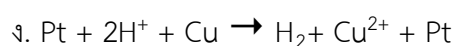
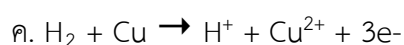
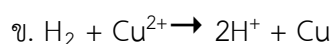
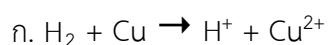
ตอบ ค

เพราะ ข้อ ก. ขั้ว X เป็นแอโนด

ข. X เป็นตัวรีดิวซ์

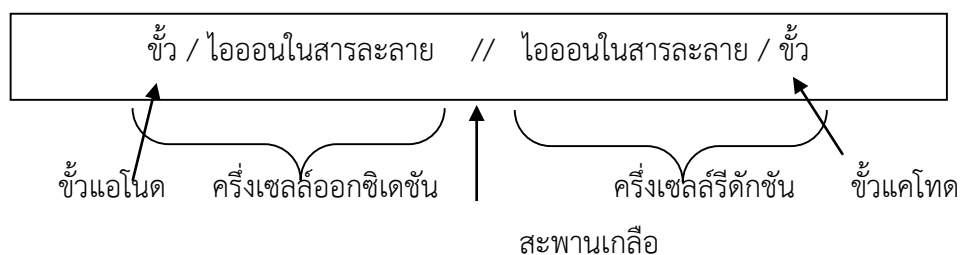
ง. เซลล์โวลต์มิเตอร์เบนไปทางขั้ว Y

13. ข้อใดเป็นปฏิกิริยาของแผนภาพนี้ $\text{Pt(s)}|\text{H}_2(\text{g}, 1 \text{ atm}) | \text{H}^+(\text{aq}) || \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu(s)}$



ตอบ ข

เพราะ แผนภาพของเซลล์กัลวานิก



สำหรับครึ่งเซลล์ที่ประกอบด้วยโลหะกับก๊าซ ใช้เส้นเดี่ยว / ชิดคั่นระหว่างขั้วไฟฟ้ากับก๊าซและระหว่าง

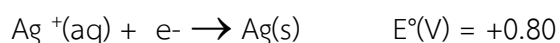
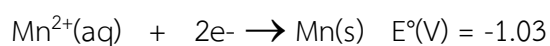
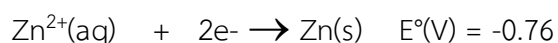
ไอออนในสารละลาย เช่น $\text{Pt(s)}|\text{H}_2(\text{g}, 1 \text{ atm})/\text{H}^+(\text{aq})$

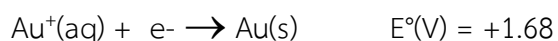
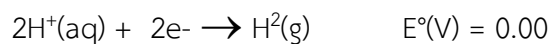
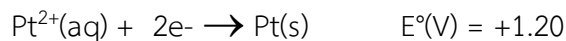
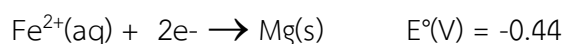
ดังนั้น $\text{Pt(s)}|\text{H}_2(\text{g}, 1 \text{ atm}) | \text{H}^+(\text{aq}) || \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu(s)}$

เขียนเป็นปฏิกิริยา คือ $\text{H}_2 + \text{Cu}^{2+} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{Cu}$

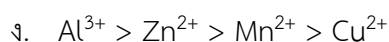
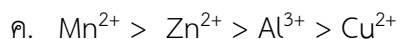
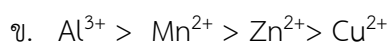
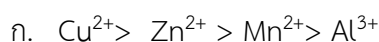
คำชี้แจง : จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 14 -20

จากปฏิกิริยาครีกเซลล์และค่า $E^\circ(\text{V})$ ต่อไปนี้



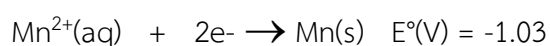
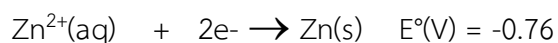
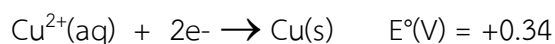


14. ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนเป็นดังข้อใด



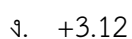
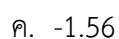
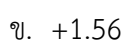
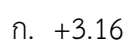
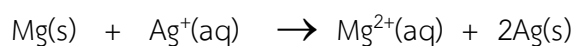
ตอบ ก

เพราะ ค่า E° (ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐาน) มากจะมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนมากกว่าครึ่งเซลล์ที่มีค่า E° น้อยกว่า

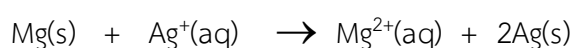
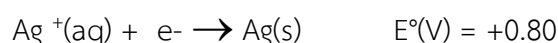
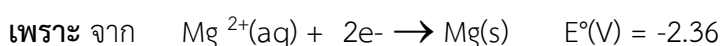


ดังนั้นความสามารถในการรับอิเล็กตรอน เป็น $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Al}^{3+}$

15. จากค่า E° ของครึ่งปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ปฏิกิริยาต่อไปนี้มีค่า E_{cell}° เท่าใด



ตอบ ก



ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ = ศักย์ไฟฟ้าของแคโทด - ศักย์ไฟฟ้าของแอโนด

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{เซลล์}} &= E^{\circ}_{\text{แคโทด}} - E^{\circ}_{\text{แอโนด}} \\ &= +0.80 \text{ V} - (-2.36) \text{ V} \\ &= +0.80 \text{ V} + 2.36 \text{ V} \\ E^{\circ}_{\text{เซลล์}} &= +3.16 \text{ V} \end{aligned}$$

16. จาก $\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Al}(\text{s}) \quad E^{\circ}(\text{V}) = -1.66$

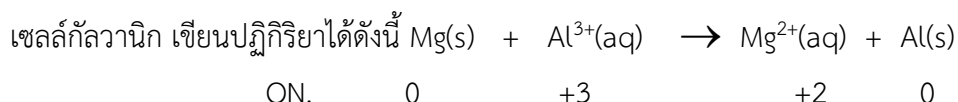
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mg}(\text{s}) \quad E^{\circ}(\text{V}) = -2.36$

เมื่อนำมาต่อเป็นเซลล์กัลวานิก ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. Al เป็นแอโนด
- ข. Mg เป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
- ค. Al^{3+} เป็นตัวออกซิไดส์
- ง. $E^{\circ}_{\text{cell}} = +4.03$

ตอบ ค

เพราะ ครึ่งปฏิกิริยารีดักชันที่มีค่า E° มากกว่า เมื่อนำมาต่อเป็นเซลล์กัลวานิกจะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ซึ่งโลหะจะทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด (ขั้วบวก) และสารละลายไอออนเป็นตัวออกซิไดส์ ส่วนครึ่งปฏิกิริยารีดักชันที่มีค่า E° น้อยกว่า จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โลหะทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด และเป็นตัวรีดิวซ์



เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ถ้าเลขออกซิเดชันลดลงเป็นปฏิกิริยารีดักชัน

ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ = ศักย์ไฟฟ้าของแคโทด - ศักย์ไฟฟ้าของแอโนด

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{เซลล์}} &= E^{\circ}_{\text{แคโทด}} - E^{\circ}_{\text{แอโนด}} \\ &= -1.66 \text{ V} - (-2.36) \text{ V} \\ &= -1.66 \text{ V} + 2.36 \text{ V} \\ E^{\circ}_{\text{เซลล์}} &= +0.70 \text{ V} \end{aligned}$$

17. สารในข้อใดถูกออกซิไดส์และถูกรีดิวซ์ได้ง่ายที่สุดตามลำดับ

- ก. Mg และ Au^{+}
- ข. Au และ Mg^{2+}
- ค. Mg^{2+} และ Au
- ง. Au^{+} และ Mg

ตอบ ก

เพราะ จาก $\text{Au}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$ $E^\circ(\text{V}) = +1.68$

$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$ $E^\circ(\text{V}) = -2.36$

ถูกออกซิไดส์ (ตัวรีดิวซ์) คือ ตัวให้ e^- ดังนั้น ตัวถูกออกซิไดส์ คือ $\text{Mg}(\text{s})$

ถูกรีดิวซ์ (ตัวรีดิวซ์) คือ ตัวรับ e^- ดังนั้น ตัวถูกรีดิวซ์ คือ $\text{Au}^+(\text{aq})$

18. ปฏิกริยาของเซลล์กัลวานิกในข้อใดเกิดขึ้นได้จริง

ก. $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s})$

ข. $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pt}(\text{s}) \rightarrow \text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{s})$

ค. $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ni}(\text{s})$

ง. $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{Ag}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$

ตอบ ค

เพราะ ปฏิกริยาของเซลล์กัลวานิกที่เกิดขึ้นได้จริง เมื่อคำนวณค่า $E^\circ_{\text{เซลล์}}$ จะต้องมีความมากกว่าศูนย์

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

ก. $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s})$

$E^\circ_{\text{เซลล์}} = -0.76 \text{ V} - (-0.44) \text{ V} = -0.32 \text{ V}$

ข. $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pt}(\text{s}) \rightarrow \text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{s})$

$E^\circ_{\text{เซลล์}} = -0.13 \text{ V} - 1.20 \text{ V} = -1.33 \text{ V}$

ค. $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ni}(\text{s})$

$E^\circ_{\text{เซลล์}} = -0.27 \text{ V} - (+0.34) \text{ V} = +0.07 \text{ V}$

ง. $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{Ag}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$

$E^\circ_{\text{เซลล์}} = 0.00 \text{ V} - (+0.80) \text{ V} = -0.80 \text{ V}$

19. เมื่อต่อเซลล์ $\text{Ni}(\text{s}) | \text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ กับครึ่งเซลล์ใด เซลล์มีเตอรืจึงจะเบนไปทาง Ni ได้มากที่สุด

ก. $\text{Zn}(\text{s}) | \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

ข. $\text{H}_2(\text{g}) | \text{H}^+(\text{aq})$

ค. $\text{Au}(\text{s}) | \text{Au}^+(\text{aq})$

ง. $\text{Pb}(\text{s}) | \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$

ตอบ ก

เพราะ เซมิโวลต์มิเตอร์เบนไปทาง Ni ได้มากที่สุด แสดงว่าครึ่งเซลล์ $\text{Ni(s)} | \text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ เป็นครึ่งเซลล์รีดักชัน Ni(s) เป็นขั้วแคโทด เมื่อนำมาต่อเป็นเซลล์กัลวานิกแล้วต้องมีค่า $E^\circ_{\text{เซลล์}}$ มากที่สุด หรือครึ่งเซลล์ออกซิเดชันที่นำมาต่อด้วยต้องมีค่า E° น้อยที่สุด

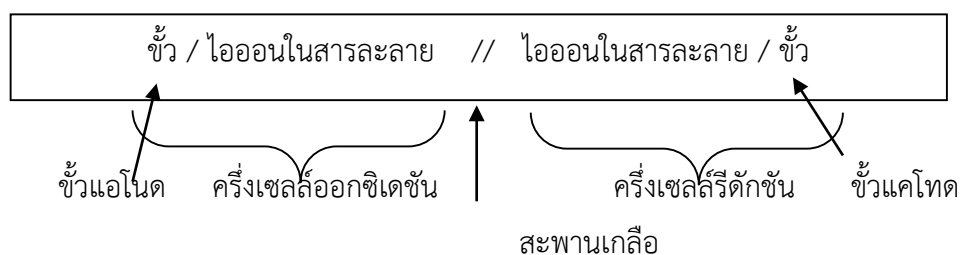
- ก. ครึ่งเซลล์ $\text{Zn(s)} | \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ค่า $E^\circ = -0.76 \text{ V}$
 ข. ครึ่งเซลล์ $\text{H}_2(\text{g}) | \text{H}^+(\text{aq})$ ค่า $E^\circ = 0.00 \text{ V}$
 ค. ครึ่งเซลล์ $\text{Au(s)} | \text{Au}^+(\text{aq})$ ค่า $E^\circ = +1.68 \text{ V}$
 ง. ครึ่งเซลล์ $\text{Pb(s)} | \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ ค่า $E^\circ = -0.13 \text{ V}$

20. เซลล์ไฟฟ้าเคมี $\text{Fe(s)} | \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) || \text{Ag}^+(\text{aq}) | \text{Ag(s)}$ ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เท่าใด

- ก. $+2.04 \text{ V}$
 ข. -2.04 V
 ค. $+1.24 \text{ V}$
 ง. -1.24 V

ตอบ ค

เพราะ จาก แผนภาพของเซลล์กัลวานิก



$$\begin{aligned}
 E^\circ_{\text{เซลล์}} &= E^\circ_{\text{แคโทด}} - E^\circ_{\text{แอโนด}} \\
 &= +0.80 \text{ V} - (-0.44 \text{ V}) \\
 &= +0.80 \text{ V} + 0.44 \text{ V} \\
 E^\circ_{\text{เซลล์}} &= +1.24 \text{ V}
 \end{aligned}$$

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

ให้นักเรียนอ่านเนื้อหา แล้วนำมาเติมในช่องว่างตามหัวข้อที่กำหนด

หลังจากที่ฝนและน้ำได้เรียนเรื่องไฟฟ้าเคมีมาจึงมีแนวคิดที่จะสร้างเซลล์แบตเตอรี่อย่างง่าย โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์จากธรรมชาติที่มีในท้องถิ่น (โดยทั่วไปสารละลายอิเล็กโทรไลต์ หมายถึงสารละลายที่แตกตัวเป็นไอออน และนำไฟฟ้า ช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีอันตราย แต่ไม่ทราบว่าจะใช้สารใดเป็น อิเล็กโทรไลต์ที่จะให้ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุด แต่มีความรู้พื้นฐานว่าสารละลายกรด-เบส เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอาหาร ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวมีฤทธิ์เป็นกรด ด้วยเหตุนี้จึงนำน้ำมะนาว น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง (กำหนดค่า pH ของ น้ำมะนาว เท่ากับ 2.30 น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง มีค่า pH เท่ากับ 2.79 3.94 และ 3.81 ตามลำดับ) มาทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้า โดยใช้โลหะทองแดงเป็นขั้วแคโทด และใช้โลหะสังกะสีเป็นขั้วแอโนด โดยตัดให้มีขนาด 0.5×4 ซม. ซึ่งแต่ละขั้วจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในแต่ละขวด โดยเป็นขวดใส ปริมาตรขวดเท่ากับ 50 มิลลิลิตร ใส่สารละลายอิเล็กโทรไลต์ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำขั้วทั้งสองมาวางใกล้กันแล้วนำเส้นด้าย ที่ ตัดให้มีขนาด 0.1×10 ซม. แห่สารละลาย KNO_3 อิ่มตัวจนชุ่มแล้ว (สะพานเกลือ) มาวางพาดผ่านระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทั้งสองขวด แล้วต่อโวลต์มิเตอร์กับขั้วแคโทด (ขั้วบวก)และขั้วแอโนด (ขั้วลบ) โดยขั้วสังกะสีเป็นขั้วลบและขั้วทองแดงเป็นขั้วบวก อ่านค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ และทำการทดลองจนครบทุกสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่ได้คือ อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นน้ำมะนาว วัดค่าศักย์ไฟฟ้าได้เท่ากับ 1.88 โวลต์ น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง วัดค่าศักย์ไฟฟ้าได้เท่ากับ 1.87 1.83 และ 1.58 โวลต์ ตามลำดับ จากทฤษฎีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ (E°_{cell})เท่ากับศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของแคโทดลบด้วยศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของแอโนด ($E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}}$) กำหนดให้ $E^\circ_{\text{Zn(s)}/\text{Zn}^{2+}(\text{aq})} = -0.76$ โวลต์ และ $E^\circ_{\text{Cu(s)}/\text{Cu}^{2+}(\text{aq})} = +0.34$ โวลต์ ซึ่ง E° เป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดอกซ์ที่ 25 องศาเซลเซียส จากข้อมูลข้างต้นฝนและน้ำควรเลือกสารละลายใดเป็นอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติสำหรับผลิตแบตเตอรี่อย่างง่าย เพราะเหตุใด

กระตาศำตอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา สพม.29

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. คำถามการทดลอง

.....

2. จงตั้งสมมติฐาน

.....

3. จงระบุตัวแปร

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

4. นิยามเชิงปฏิบัติการ (ถ้ามี)

.....

5. ออกแบบการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

.....

สารเคมี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วาดภาพประกอบการทดลอง

6. ผลการทดลอง (กราฟแท่ง)

.....

.....

.....

.....

.....

7. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

8. อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

**เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา สพม.29**

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. คำถามการทดลอง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติชนิดใดให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์สูงที่สุด

2. จงตั้งสมมติฐาน

น้ำมะนาวเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติที่ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุด เนื่องจากน้ำมะนาวเป็นกรดมากที่สุด น่าจะเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติที่นำไฟฟ้าได้ดีที่สุด

3. จงระบุตัวแปร

ตัวแปรต้น ชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติ

ตัวแปรตาม ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

ตัวแปรควบคุม สะพานเกลือ ปริมาตรของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ขั้วไฟฟ้า โวลต์มิเตอร์
ระยะเวลา อุณหภูมิ

4. นิยามเชิงปฏิบัติการ (ถ้ามี)

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติ หมายถึง สารละลายที่แตกตัวเป็นไอออนและนำไฟฟ้าได้ ซึ่งได้จากธรรมชาติที่มีในท้องถิ่น ได้แก่ น้ำมะนาว น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง

5. ออกแบบการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| 1. เส้นด้าย ขนาด 0.1 X 10 cm | จำนวน 4 เส้น |
| 2. โลหะทองแดง ขนาด 0.5 x 4 cm | จำนวน 4 แผ่น |
| 3. โลหะสังกะสี ขนาด 0.5 x 4 cm | จำนวน 4 แผ่น |
| 4. ขวดใส ขนาด 50 mL | จำนวน 8 ใบ |

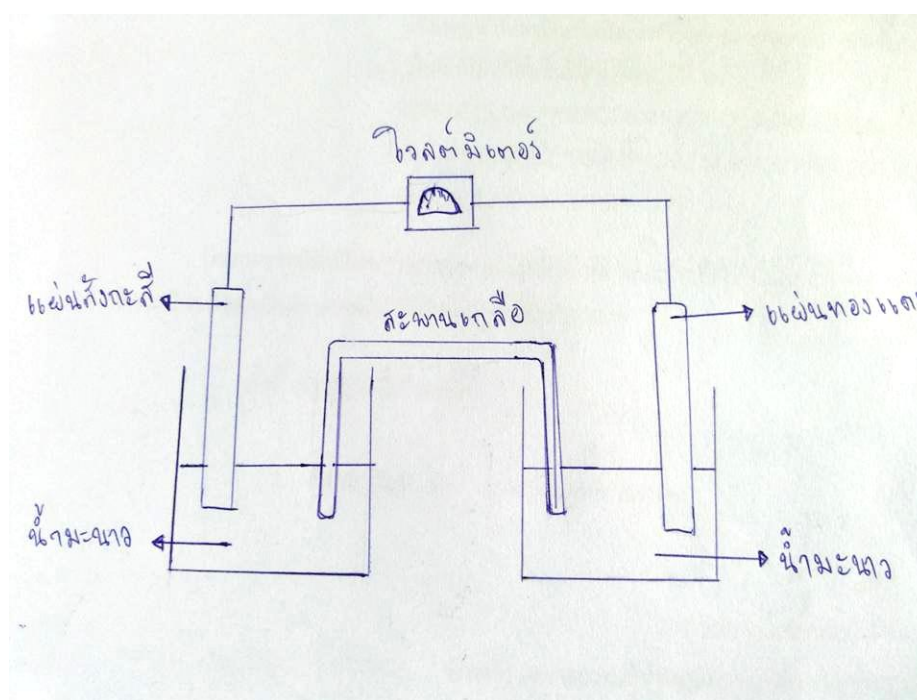
สารเคมี

1. น้ำมะนาว น้ำเสาวรส น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง อย่างละ 50 mL
2. สารละลาย KNO_3 อิ่มตัว

วิธีการทดลอง

1. นำเส้นด้ายแช่ในสารละลาย KNO_3
2. ตวงน้ำมะนาวใส่ลงในขวดใส จำนวน 2 ขวด ขวดละ 20 mL
3. จุ่มโลหะทองแดงลงในขวดใบที่ 1 และจุ่มโลหะสังกะสีลงในขวดที่ 2
4. นำขวดทั้งสองมาวางใกล้กัน แล้วนำเส้นด้ายจากข้อ 1 มาวางพาดให้ปลายเส้นด้ายจุ่มในน้ำมะนาวแต่ละขวด
5. ต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์โดยโลหะทองแดงต่อเข้ากับขั้วบวก และโลหะสังกะสีต่อเข้ากับขั้วลบ
6. อ่านค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ และบันทึกผล
7. ทำซ้ำข้อ 2-7 แต่เปลี่ยนจากน้ำมะนาวเป็น น้ำเสาวรศ น้ำมะเขือเทศ และน้ำหน่อไม้ดอง

วาดภาพประกอบการทดลอง

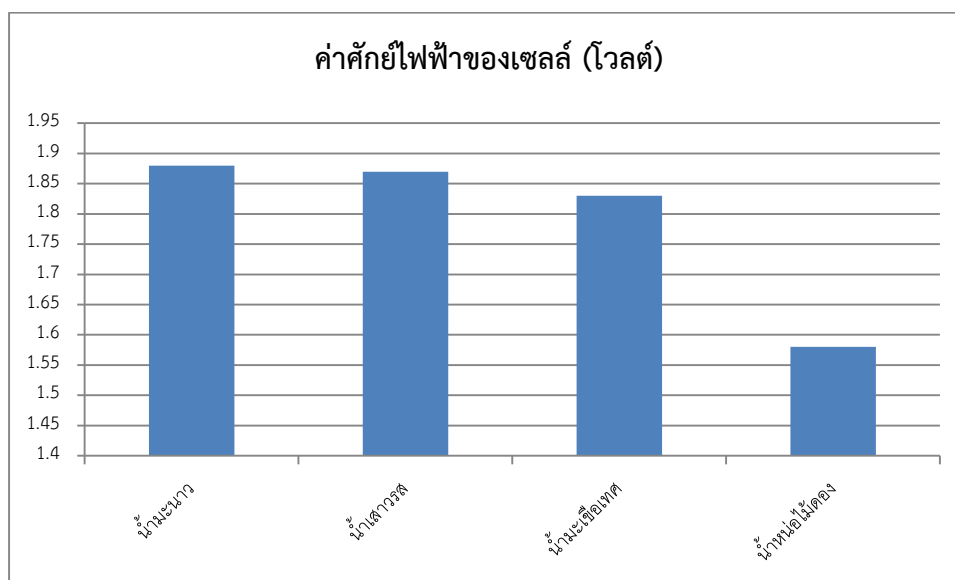


6. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

ชนิดสารละลายอิเล็กโทรไลต์	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (โวลต์)
น้ำมะนาว	1.88
น้ำเสาวรศ	1.87
น้ำมะเขือเทศ	1.83
น้ำหน่อไม้ดอง	1.58

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์



7. สรุปผลการทดลอง

น้ำมะนาวเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติที่ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์สูงสุด คือ 1.88 โวลต์ และน้ำหน่อไม้ดองให้ค่าศักย์ไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 1.58 โวลต์

8. อภิปรายผลการทดลอง

เปรียบเทียบกับทฤษฎี

เมื่อคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากทฤษฎี

$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}}$$

$$E^\circ_{\text{cell}} = +0.34 - (-0.76) \text{ โวลต์}$$

$$E^\circ_{\text{cell}} = +0.34 + 0.76 \text{ โวลต์}$$

$$E^\circ_{\text{cell}} = 1.10 \text{ โวลต์}$$

ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ที่ได้จากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติทุกชนิด มีค่าสูงกว่าทฤษฎี ทั้งนี้เนื่องจาก อิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติที่ใช้อาจเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ที่นำไฟฟ้าได้ดีและโลหะจุ่มอยู่ในสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติ วัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่จากทฤษฎีศักย์ไฟฟ้าครึ่งรีดักชันมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์วัดจากโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายของโลหะนั้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เปรียบเทียบกับสมมติฐาน

น้ำมะนาวเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติที่ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงสุด เนื่องจากน้ำมะนาวเป็นกรดมากที่สุด น่าจะเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติที่นำไฟฟ้าได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตัวอย่างแบบรายงานกิจกรรมการทดลอง

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การทดลองเซลล์กัลวานิก

วิชา เคมีเพิ่มเติม 4

ช่วงชั้นที่ 4 ชั้น ม. 6

ภาคเรียนที่ 1

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้
2. บอกทิศทางการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้
3. บอกได้ว่าครึ่งเซลล์ใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยารีดักชัน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แผ่นทองแดงขนาด 0.5 cm X 3 cm
2. แผ่นสังกะสีขนาด 0.5 cm X 3 cm
3. ปีกเกอร์ขนาด 50 cm³
4. ด้ายสีขาว
5. โวลต์มิเตอร์ และสายไฟ
6. สารละลาย KNO₃ ร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร
7. สารละลาย CuSO₄ 1 mol/dm³
8. สารละลาย ZnSO₄ 1 mol/dm³
9. น้ำมะนาวสด
10. น้ำหน่อไม้ดอง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

- 1) จุ่มแผ่นทองแดงลงในปีกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีสารละลาย 1.0 M CuSO₄ ปริมาตร 20 ml และจุ่มแผ่นสังกะสีลงในปีกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีสารละลาย 1.0 M ZnSO₄ ปริมาตร 20 ml

- 2) นำปีกเกอร์ที่มีโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายในข้อ 1) มาวางชิดกัน ใช้สะพานเกลือวางพาดปีกเกอร์ทั้งสอง ให้ปลายทั้งสองด้านจุ่มอยู่ในสารละลายแต่ละปีกเกอร์
- 3) ต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีเข้ากับโวลต์มิเตอร์โดยใช้ลวดตัวนำ (สายไฟ) สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล
- 4) สลับขั้วของโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล

ตัวแปร

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

.....

สมมติฐาน

.....

.....

.....

ออกแบบการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

.....

.....

สารเคมี

.....

.....

.....

.....

วาดภาพประกอบการทดลอง

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

เปรียบเทียบกับทฤษฎี

เปรียบเทียบกับสมมติฐาน

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เซลล์ไฟฟ้าเคมี	เรื่อง เซลล์กัลวานิก
กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	รายวิชา เคมี ว33224
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	เวลาเรียน 3 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

สำรวจตรวจสอบ อภิปราย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งสารที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. สาระสำคัญ

เซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ เครื่องมืออุปกรณ์ทางเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี

4. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

อภิปรายและอธิบาย ส่วนประกอบ หลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เป็นเซลล์กัลวานิก

ด้านความรู้

- 1) อธิบายความหมายและบอกส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ไฟฟ้าเคมี
- 2) อธิบายส่วนประกอบต่างๆของเซลล์กัลวานิก และกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเซลล์
- 3) อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์กัลวานิก
- 4) เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แอโนด แคโทดและปฏิกิริยารีดอกซ์
- 5) ทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก
- 6) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

ด้านทักษะ / กระบวนการ

- 1) มีทักษะในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี
- 2) มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ และการนำเสนอข้อมูล
- 3) เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์กับศาสตร์ต่าง ๆ
- 4) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และมีสุนทรียภาพ
- 5) สังเกต วิเคราะห์และสรุปข้อมูล

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ / คุณธรรมจริยธรรม

- 1) มีความสนใจใฝ่รู้ มีระเบียบวินัยและความรับผิดชอบ
- 2) มีความซื่อสัตย์ สุจริต ขยันหมั่นเพียร ประหยัด อดออม
- 3) มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่นและสิ่งแวดล้อม
- 4) มีสุขภาพพลานามัยสมบูรณ์แข็งแรง ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งเสพติดและโรคเอดส์
- 5) มีบุคลิกดีมีความมั่นใจ กล้าแสดงออก สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

5. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 1) อธิบายความหมายและบอกส่วนประกอบต่างๆของเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้ถูกต้อง
- 2) อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์กัลวานิก และกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเซลล์
- 3) อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์กัลวานิกได้ถูกต้อง และบอกได้ว่าขั้วไฟฟ้าใดเป็นขั้วแอโนด และแคโทด
- 4) เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แอโนด แคโทดและปฏิกิริยารีดอกซ์ได้
- 5) ทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้
- 6) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้

6. เนื้อหาสาระ

เซลล์ไฟฟ้าเคมี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1) **เซลล์กัลวานิก** คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เซลล์ปรอท เซลล์เงิน เป็นต้น

2) **เซลล์อิเล็กโทรไลต์** คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น เซลล์การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นต้น

6.1 ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

6.1.1 ขั้วไฟฟ้า มี 2 ชนิด

6.1.1.1 ขั้วว่องไว (Active electrode) ได้แก่ ขั้วโลหะทั่วไป เช่น Zn, Cu, Pb ขั้วพวกนี้บางโอกาสจะเข้าไปมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วย

6.1.1.2 ขั้วเฉื่อย (Inert electrode) คือ ขั้วที่ไม่มีส่วนร่วมใดๆ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น Pt, C (แกรไฟต์)

สำหรับในเซลล์ไฟฟ้าหนึ่งๆจะต้องประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วเสมอ ดังนี้

- ขั้วแอโนด คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- ขั้วแคโทด คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

6.1.2 อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte)

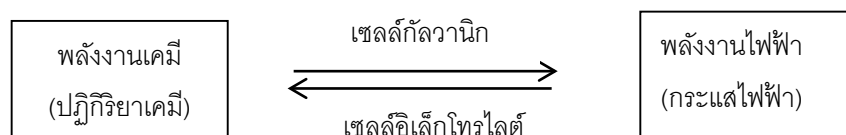
อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) คือสารที่มีสถานะเป็นของเหลว นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนบวกและลบเคลื่อนที่ไปมา อิเล็กโทรไลต์มี 2 ชนิด คือ

6.1.2.1 สารประกอบไอออนิกหลอมเหลว เช่น $\text{NaCl(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{l})$

6.1.2.2 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น สารละลายกรด-เบส-เกลือ

สรุปสาระสำคัญของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

ปฏิกิริยาเคมีเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ และกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสตรงหรือกระแสอิเล็กตรอน



6.2 เซลล์กัลวานิก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีหรือระบบที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยภายในเซลล์เกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่ง โดยที่สารตั้งต้นไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำอย่างต่อเนื่อง จึงเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

เซลล์กัลวานิกประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อเข้าด้วยกัน และเชื่อมวงจรภายในให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อไว้ระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์

ครึ่งเซลล์ (Half cell) คือระบบที่มีสารจุ่มอยู่ในไอออนของสารนั้น ถ้าสารที่จุ่มเป็นโลหะก็ใช้โลหะนั้นเป็นขั้ว (เป็นขั้วว่องไว) เช่น Zn จุ่มใน Zn^{2+} หรือเป็นส่วนหนึ่งในเซลล์กัลวานิกที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชัน

แต่ถ้าสารที่จุ่มเป็นแก๊สหรือไอออนของสารในรูปสารละลาย จะต้องใช้ขั้วเฉื่อย เช่น Pt หรือแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้า

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

1) ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเรียกขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยานี้ว่า แอโนด (Anode) หรือ ขั้วลบ

2) ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน และเรียกขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยานี้ว่า แคโทด (Cathode) หรือ ขั้วบวก

สะพานเกลือ (Salt bridge) คือ ตัวเชื่อมต่อวงจรภายในของแต่ละครึ่งเซลล์เข้าด้วยกันให้ครบวงจร ไอออนในแต่ละครึ่งเซลล์สามารถไหลผ่านสะพานไอออนนี้ได้ สะพานไอออนเป็นตัวกันไม่ให้สารละลายในครึ่งเซลล์ทั้งสองผสมกัน ทำหน้าที่รักษาสสมดุลระหว่างไอออนในครึ่งเซลล์ทั้งสอง ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาไอออนในสะพานไอออนจะถูกใช้ไป คือ ด้านใดขาดไอออนบวกไอออนบวกจากสะพานไอออนจะเคลื่อนที่ไปชดเชย ด้านใดขาดไอออนลบไอออนลบจากสะพานไอออนจะเคลื่อนที่ไปชดเชย

สมบัติของสารที่ใช้ทำสะพานเกลือ

- 1) เป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำแตกเป็นไอออนได้ดี
- 2) ไอออนต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารใดๆ ในสารละลายของครึ่งเซลล์ทั้งสอง
- 3) ไอออนบวกและไอออนลบที่แตกตัวได้จากสารต้องมีความสามารถในการเคลื่อนที่เร็วใกล้เคียงกัน
- 4) สารที่ใช้ทำสะพานเกลือ มีหลายชนิด เช่น KNO_3 KCl NH_4Cl
- 5) ต้องเป็นสารละลายอิ่มตัว ประกอบด้วยไอออนปริมาณมาก

7. พฤติกรรมที่ต้องพัฒนา (คุณลักษณะ)

- 7.1) ความรับผิดชอบ
- 7.2) การตรงต่อเวลา
- 7.3) ความมีวินัย
- 7.4) ความซื่อสัตย์
- 7.5) ความสนใจเรียน

8. กระบวนการจัดการเรียนรู้

8.1) เน้นการเรียนรู้ที่ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการปฏิบัติ เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.2) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและสิ่งแวดล้อม

8.3) ชี้แนะการแสวงหาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ มาใช้ประโยชน์ ทำให้ผู้เรียนรู้วิธีการและแหล่งที่จะได้มาของสื่อประกอบ ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเรียนจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ อย่างกว้างขวาง

8.4) ฝึกให้คิดตั้งคำถามและแสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ

8.5) ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ ได้ ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่หรือนำไปประยุกต์ใช้

8.6) เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินจุดเด่นจุดด้อยในกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสตรวจสอบซึ่งกันและกัน โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการสำรวจตรวจสอบ

9. กิจกรรมการเรียนรู้

9.1 ขั้นทำนาย

9.1.1 ทบทวนผลการทดลอง 9.1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน (จากการทดลองพบว่าเมื่อจุ่มโลหะแมกนีเซียมลงในสารละลาย $MgSO_4$ หรือจุ่มโลหะทองแดงลงในสารละลาย $CuSO_4$ จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น แสดงว่าไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี

9.1.2 ครูชี้แจงและแนะนำให้นักเรียนได้รู้จักเซลล์กัลวานิก และส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก

9.1.3 ให้นักเรียนศึกษากิจกรรมการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิก และให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

- เมื่อจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีไอออนของโลหะชนิดเดียวกันเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่
- เมื่อต่อขั้วทั้งสองเข้าโวลต์มิเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร
- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เกิดจากสาเหตุใด
- ถ้าสลับขั้วไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- ถ้ายกสะพานเกลือออกจะเกิดผลอย่างไร

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

- เมื่อเปลี่ยนสารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็นน้ำมะนาวขูด และน้ำหน่อไม้ดอง ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร
- ชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์มีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าอย่างไร

- ในท้องถิ่นของเรา มีวัสดุใดบ้างที่สามารถใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้
- จากการทดลอง นักเรียนคิดว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ควรมีสมบัติอย่างไร

ให้นักเรียนแต่ละคนอธิบายเหตุผลถึงการทำนายโดยใช้หลักการและความรู้เดิมของตน เหตุใดจึงทำนายเช่นนั้น

9.2 ขั้นสังเกต

9.2.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน

9.2.2 นักเรียนทำการทดลอง ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

- จุ่มแผ่นทองแดงลงในปิกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีสารละลาย 1.0 M CuSO_4 ปริมาตร 20 ml และจุ่มแผ่นสังกะสีลงในปิกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีสารละลาย 1.0 M ZnSO_4 ปริมาตร 20 ml
- นำปิกเกอร์ที่มีโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายในข้อ 1) มาวางชิดกัน ใช้สะพานเกลือวางพาดปิกเกอร์ทั้งสอง ให้ปลายทั้งสองด้านจุ่มอยู่ในสารละลายแต่ละปิกเกอร์
- ต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีเข้ากับโวลต์มิเตอร์โดยใช้ลวดตัวนำ (สายไฟ) สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล
- สลับขั้วของโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

- จุ่มแผ่นทองแดงลงในปิกเกอร์ขนาด 50 mL ที่มีน้ำมะนาวสดจากท้องตลาด ปริมาตร 20 ml และจุ่มแผ่นสังกะสีลงในปิกเกอร์ขนาด 50 mL ที่มีน้ำมะนาวสดจากท้องตลาด ปริมาตร 20 mL
- นำปิกเกอร์ที่มีโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายในข้อ 1) มาวางชิดกัน ใช้สะพานเกลือวางพาดปิกเกอร์ทั้งสอง ให้ปลายทั้งสองด้านจุ่มอยู่ในสารละลายแต่ละปิกเกอร์
- ต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีเข้ากับโวลต์มิเตอร์โดยใช้ลวดตัวนำ (สายไฟ) สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล
- ทำซ้ำแต่เปลี่ยนจากน้ำมะนาวสดเป็นน้ำหน่อไม้ดอง

9.3 ขั้นอธิบาย

นักเรียนอธิบายการทดลองและเปรียบเทียบผลการทดลองกับสิ่งที่ทำนายไว้

ตอนที่ 1 ศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

- อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วใดไปยังขั้วใด (ขั้วแอโนด ไปยัง ขั้วแคโทด)
- ขั้วที่ให้อิเล็กตรอนเรียกว่าขั้วอะไร (ขั้วแอโนด ขั้วสังกะสี)

- ชั่วแอโนด เกิดปฏิกิริยาอะไร (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน)
- ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น เขียนปฏิกิริยาได้อย่างไร $\text{Zn (s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 2\text{e}^-$
- สารที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน เรียกว่าอะไรในการทดลองนี้คือสารใด (ตัวรีดิวซ์ คือ Zn (s)) เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นหรือลดลง (เพิ่มขึ้น)
- ชั่วที่รับอิเล็กตรอนเรียกว่าชั้วอะไร (ขั้วแคโทด ขั้วทองแดง)
- ขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยาอะไร (ปฏิกิริยารีดักชัน)
- ปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้น เขียนปฏิกิริยาได้อย่างไร $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu (s)}$
- สารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน เรียกว่าอะไร ในการทดลองนี้คือสารใด (ตัวออกซิไดส์ คือ อย่างไร $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$) เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นหรือลดลง (ลดลง)
- ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร $\text{Zn (s)} + \text{Cu}^{2+} \text{ (aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + \text{Cu (s)}$
- ถ้าสลับขั้วไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ค่าศักย์ไฟฟ้าตรงข้าม)
- ถ้ายกสะพานเกลือออกจะเกิดผลอย่างไร (ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์) หมายความว่าอย่างไร (ไม่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน) แสดงว่าสะพานเกลือมีหน้าที่อย่างไร (รักษาสสมดุลระหว่างไอออนและทำให้ครบวงจร)
- สะพานเกลือมีสมบัติอย่างไร (แตกตัวเป็นไอออนได้ดี เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วใกล้เคียงกัน และไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายอิเล็กโทรไลต์)
- เซลล์กัลวานิกเปลี่ยนจากพลังงานใดเป็นพลังงานใด (เปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า)

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

- เมื่อสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่างชนิดกัน เข้มของโวลต์มิเตอร์เบนไปทิศทางใด ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าต่างกันหรือไม่
- ชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์มีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าอย่างไร (ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าต่างกัน) หมายความว่าอย่างไร (สารละลายอิเล็กโทรไลต์แต่ละชนิดมีความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนได้ดีแตกต่างกัน โดยสารที่แตกตัวได้ดีกว่าจะเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ดีกว่า โดยพิจารณาจากค่าศักย์ไฟฟ้าที่มากกว่า ซึ่งมักจะพบว่าผลไม่ที่มีรสเปรี้ยวกว่าจะแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า)
- สารละลายมีบทบาทหน้าที่อย่างไรในเซลล์ไฟฟ้า
- สารละลายที่เป็นอิเล็กโทรไลต์มีลักษณะอย่างไร
- เราสามารถสร้างเซลล์กัลวานิกอย่างง่ายได้อย่างไร โดยใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นและหาได้ง่าย (ปลายเปิด)

9.4 ขั้นอภิปราย

- ให้นักเรียนอภิปรายถึงผลที่ได้จากการสังเกตกับเพื่อนภายในกลุ่ม
- สุ่มตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 1 การทดลอง
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงผลการทดลองเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน

10. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

10.1 สื่อการเรียนรู้

- 10.1.1 หนังสือเรียนเคมี เล่ม 4
- 10.1.2 ใบความรู้ เรื่องเซลล์กัลวานิก
- 10.1.3 ใบงานที่ 5 เรื่องเซลล์กัลวานิก
- 10.1.4 ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก
- 10.1.5 กิจกรรมการทดลอง

10.2 แหล่งการเรียนรู้

- 10.2.1 ห้องสมุด
- 10.2.2 ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

11. การวัดและการประเมินผล

11.1 วิธีการวัด

11.1.1 สังเกตพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นรายกลุ่ม

- 11.1.2 ตรวจใบงานที่ 5 เรื่องเซลล์กัลวานิก
- 11.1.3 ตรวจรายงานกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

11.2 เครื่องมือวัดและประเมินผล

11.2.1 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นบุคคล

- 11.2.2 ใบงานที่ 5 เรื่องเซลล์กัลวานิก
- 11.2.3 ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

11.3 เกณฑ์การวัดและประเมินผล

11.3.1 ปฏิบัติตามที่กำหนดจากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นรายกลุ่ม โดยจัดระดับคุณภาพเป็นระดับตามเกณฑ์

- 11.3.2 ครูตรวจใบงานที่ 5

- แสดงวิธีทำถูกต้องตามขั้นตอน

ได้คะแนน 0.5 คะแนน

- คำตอบถูกต้อง ได้คะแนน 0.5 คะแนน
- ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการตอบ ได้คะแนน 0.5 คะแนน
- ทำไม่ถูกต้องหรือไม่ทำ ได้คะแนน 0 คะแนน

11.3.3 ตรวจรายงานกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

ใบความรู้ เรื่อง เซลล์กัลวานิก

วิชา เคมีเพิ่มเติม 4

ช่วงชั้นที่ 4 ชั้น ม. 6

ภาคเรียนที่ 1

เซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ เครื่องมืออุปกรณ์ทางเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. เซลล์กัลวานิก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เซลล์ปรอท เซลล์เงิน เป็นต้น

2. เซลล์อิเล็กโทรไลต์ คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น เซลล์การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

1. ขั้วไฟฟ้า มี 2 ชนิด

1.1 ขั้วว่องไว (Active electrode) ได้แก่ ขั้วโลหะทั่วไป เช่น Zn, Cu, Pb ขั้วพวกนี้บางโอกาสจะเข้าไปมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วย

1.2 ขั้วเฉื่อย (Inert electrode) คือ ขั้วที่ไม่มีส่วนร่วมใดๆในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น Pt, C (แกรไฟต์)

สำหรับในเซลล์ไฟฟ้าหนึ่งๆ จะต้องประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วเสมอ ดังนี้

- ขั้วแอโนด คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

- ขั้วแคโทด คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

2. อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte)

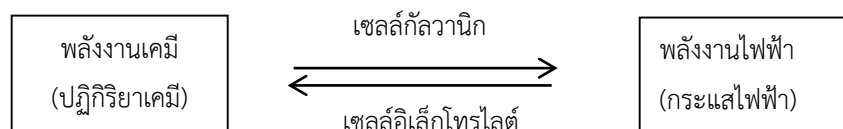
อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) คือสารที่มีสถานะเป็นของเหลว นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนบวกและลบเคลื่อนที่ไปมา อิเล็กโทรไลต์มี 2 ชนิด คือ

2.1 สารประกอบไอออนิกหลอมเหลว เช่น $\text{NaCl(s)} \longrightarrow \text{Na}^+(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{l})$

2.2 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น สารละลายกรด-เบส-เกลือ

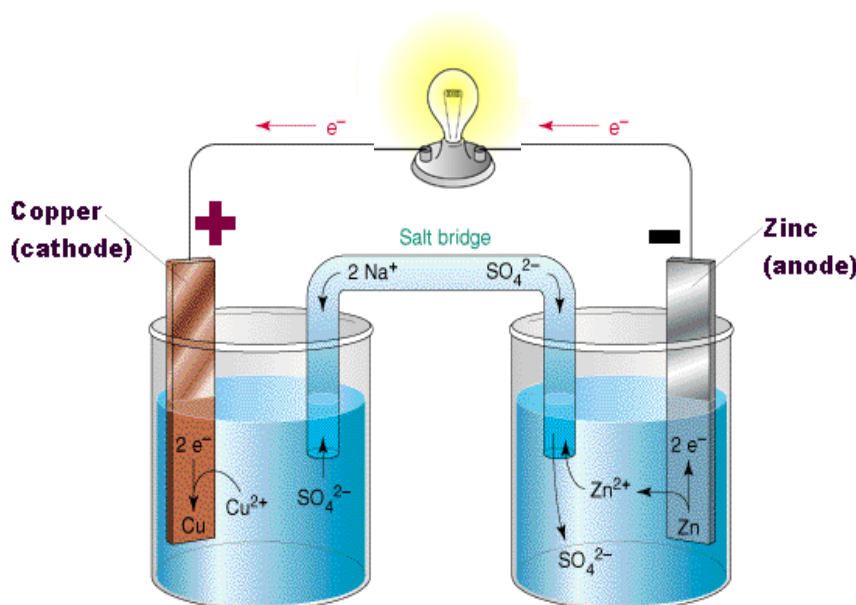
สรุปสาระสำคัญของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

ปฏิกิริยาเคมีเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ และกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสตรงหรือกระแสอิเล็กตรอน



เซลล์กัลวานิก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีหรือระบบที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยภายในเซลล์เกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่ง โดยที่สารตั้งต้นไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำอย่างต่อเนื่อง จึงเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

เซลล์กัลวานิกประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อเข้าด้วยกัน และเชื่อมวงจรภายในให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อไว้ระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์



ครึ่งเซลล์ (Half cell) คือระบบที่มีสารจุ่มอยู่ในไอออนของสารนั้น ถ้าสารที่จุ่มเป็นโลหะก็ใช้โลหะนั้นเป็นขั้ว (เป็นขั้วว่องไว) เช่น Zn จุ่มใน Zn^{2+} หรือเป็นส่วนหนึ่งในเซลล์กัลวานิกที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชัน

แต่ถ้าสารที่จุ่มเป็นแก๊สหรือไอออนของสารในรูปสารละลาย จะต้องใช้ขั้วเฉื่อย เช่น Pt หรือแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้า

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

-ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเรียกขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยานี้ว่า แอโนด(Anode) หรือ ขั้วลบ

-ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน และเรียกขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยานี้ว่า แคโทด(Cathode) หรือ ขั้วบวก

สะพานเกลือ (Salt bridge) คือ ตัวเชื่อมต่อวงจรภายในของแต่ละครึ่งเซลล์เข้าด้วยกันให้ครบวงจร ไอออนในแต่ละครึ่งเซลล์สามารถไหลผ่านสะพานไอออนนี้ได้ สะพานไอออนเป็นตัวกันไม่ให้สารละลายในครึ่งเซลล์ทั้งสองผสมกัน

หน้าที่ของสะพานเกลือ

1. ป้องกันการสะสมประจุในครึ่งเซลล์ทั้งสอง คือ ป้องกันการสะสมประจุบวกในครึ่งเซลล์ออกซิเดชันและป้องกันการสะสมประจุลบในครึ่งเซลล์รีดักชัน หรือทำหน้าที่รักษาสมดุลระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบในครึ่งเซลล์ทั้งสอง
2. ทำให้ครบวงจร

สมบัติของสารที่ใช้ทำสะพานเกลือ

1. เป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำแตกเป็นไอออนได้ดี
2. ไอออนต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารใดๆในสารละลายของครึ่งเซลล์ทั้งสอง
3. ไอออนบวกและไอออนลบที่แตกตัวได้จากสารต้องมีความสามารถในการเคลื่อนที่เร็วใกล้เคียงกัน
4. สารที่ใช้ทำสะพานเกลือ มีหลายชนิด เช่น KNO_3 KCl NH_4Cl
5. ต้องเป็นสารละลายอิ่มตัว ประกอบด้วยไอออนปริมาณมาก

ใบงานที่ 5
เรื่อง เซลล์กัลวานิก
วิชา เคมีเพิ่มเติม 4 ช่วงชั้นที่ 4 ชั้น ม. 6

ภาคเรียนที่ 1

1. เซลล์กัลวานิก คือ

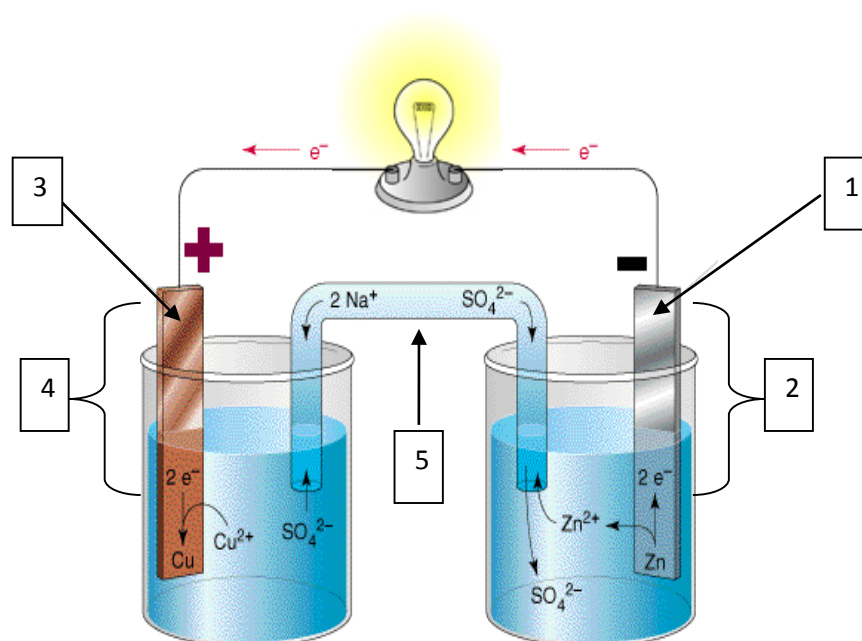
.....

.....

.....

.....

2. จงบอกส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก



หมายเลข 1 คือ.....

หมายเลข 2 คือ.....

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น.....

หมายเลข 3 คือ.....

หมายเลข 4 คือ.....

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น.....

ปฏิกิริยารวม.....

หมายเลข 5 คือ.....

ทำหน้าที่.....

บันทึกผลหลังการสอน

1. ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางกาญจนา วงศ์ไชยา)

ตำแหน่ง ครู

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ความเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

ความเห็น

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายอาศิระ บรรเทิง)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่เดือน..... พ.ศ.

ความเห็นของผู้บังคับบัญชา

ความเห็น

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายมนัส โฉมฉลวย)

ผู้อำนวยการโรงเรียนโดมประดิษฐ์วิทยา

ภาคผนวก ง
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ ง.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง เซลล์กลีวานิกกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1	ใช้ได้
14	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1	ใช้ได้
16	1	1	1	3	1	ใช้ได้
17	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
18	1	1	1	3	1	ใช้ได้
19	1	1	1	3	1	ใช้ได้
20	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ ง.2 ค่าความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับ
เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ ง.3 ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน เรื่อง เซลล์กัลป์วานิก

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	0.63	0.57	11	0.70	0.42
2	0.63	0.57	12	0.63	0.57
3	0.57	0.59	13	0.53	0.67
4	0.70	0.56	14	0.53	0.40
5	0.53	0.53	15	0.43	0.49
6	0.50	0.48	16	0.50	0.34
7	0.53	0.40	17	0.50	0.61
8	0.63	0.71	18	0.67	0.23
9	0.47	0.69	19	0.53	0.53
10	0.50	0.75	20	0.63	0.71
			เฉลี่ย	0.57	0.54

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้สูตร KR_{20} (Kuder –Richardson) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
 S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ
 P แทน สัดส่วนของคนที่ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ
 $= \frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
 q แทน สัดส่วนของคนที่ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ คือ $1-p$

$$r_{tt} = \frac{20}{20-1} \left(1 - \frac{4.787}{37.37} \right)$$

$$r_{tt} = 0.91$$

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางกาญจนา วงศ์ไชยา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี (เกียรตินิยมอันดับ 1) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2551 ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2554 ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศษ.ม.) สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน ตำแหน่ง ครู โรงเรียนโตมประดิษฐ์วิทยา ตำบลโตมประดิษฐ์ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนโตมประดิษฐ์วิทยา ตำบลโตมประดิษฐ์ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี