

การพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักร
การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย
ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สนทยา บังพรม

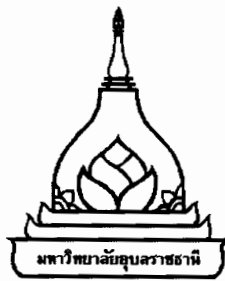
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING
OF ELECTROCHEMISTRY BY USING 5E INQUIRY LEARNING CYCLE
INCORPORATED WITH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TECHNIQUE IN
THE ELABORATION STEP FOR GRADE 12 STUDENTS

SONTAYA BONGPROM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้
แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัย นายสนทยา บังพรม

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร	กรรมการ
ดร.สนธิ พลชัยยา	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร)

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2558

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีทั้งนี้เพราะได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร ที่ให้คำปรึกษาแนะนำอันมีคุณค่ายิ่ง ตลอดจนได้ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน และการเขียนรายงานการวิจัย ทั้งการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการวิจัย ขอขอบพระคุณ ดร.สนธิ พลชัยยา จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริยัญญา พิมพ์มงคล ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา ตลอดจนคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมาทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนในด้านทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท รวมทั้งคณะผู้บริหาร ครู และบุคลากร โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ พร้อมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอบคุณครอบครัว พี่น้องญาติสนิทที่คอยให้กำลังใจ คุณค่าอันพึงมีจากการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และคุณครูที่เคารพอย่างสูงยิ่ง หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

กัญญา บังพรม
 สนทยา บังพรม
 ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัย : สนทยา บังพรม

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาธร

คำสำคัญ : วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ, ทำนาย-สังเกต-อธิบาย
ความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์, ไฟฟ้าเคมี

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร จำนวน 45 คน เครื่องมือในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 5 แผน รวม 15 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความเข้าใจในมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เป็นแบบปรนัยชนิดตัวเลือกทั้ง 2 ลำดับชั้น และแบบปรนัยชนิดตัวเลือกลำดับชั้นที่ 1 และลำดับชั้นที่ 2 เป็นแบบอัตนัย รวมจำนวน 30 ข้อ จากการวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด คิดเป็นร้อยละ 9.11, 45.48 และ 45.41 ตามลำดับ และหลังเรียนนักเรียนมีมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด คิดเป็นร้อยละ 49.85, 37.63 และ 12.52 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดมากที่สุด พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีร้อยละมโนคติถูกต้องมากที่สุดในเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (22.22) มโนคติคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ (51.11) และมโนคติผิดมากที่สุดในเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (55.56) หลังเรียน นักเรียนมีร้อยละมโนคติถูกต้องมากที่สุดในเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (66.22) มโนคติคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องเซลล์กัลวานิก (52.35) และมโนคติผิดมากที่สุดในเรื่องการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า และการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (27.22) จากการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนคติหลังเรียน (mean 42.67, SD 8.94) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 19.42, SD 6.94) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ซึ่งแสดงว่าการจัดการเรียนรู้

ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยาย
ความรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจโมเดลเรื่องไฟฟ้าเคมีเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF ELECTROCHEMISTRY BY USING 5E INQUIRY LEARNING CYCLE INCORPORATED WITH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TECHNIQUE IN THE ELABORATION STEP FOR GRADE 12 STUDENTS

AUTHOR : SONTAYA BONGPROM

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF.SAKSRI SUPASORN, Ph.D.

KEYWORDS : INQUIRY LEARNING CYCLE, PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN, SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING, ELECTROCHEMISTRY

The main purpose of this study was to develop scientific conceptual understanding of electrochemistry by using 5E inquiry learning cycle incorporated with predict-observe-explain technique in the elaboration step for 45 Grade 12 students at Phosai Pittayakarn School. The treatment tool included five lesson plans (15 hours) of electrochemistry based on 5E inquiry learning cycle incorporated with predict-observe-explain technique. The data collecting tool was the scientific conceptual test of electrochemistry, which contained 30 items of two-tier diagnostic questions, in which the first tier was about selection of their choice of answer and the second tier was the explanation for their selected choice. Students' answers were analyzed and categorized as good-, alternative-, and mis-conceptions. The percentages of students in each category of good-, alternative-, and mis-conception for the pre-conceptual test were 9.11, 45.48 and 45.41, and for their post-conceptual test were 49.85, 37.63 and 12.52, respectively. The highest percentages of students in good-, alternative-, and mis-conception for the pre-conceptual test were in the topics of electrolysis of water (22.22), redox reaction (51.11), and reduction and oxidation potentials (55.56), respectively. The highest percentages of students in good-, alternative-, and mis-conception for the post-conceptual test were in the topics of reduction and oxidation potentials (66.22), electroplating and cathodic protection against corrosion

(52.35), and galvanic cell (27.22), respectively. The dependent samples t-test analysis indicated that the post-test conception score (mean 42.67, SD 8.94) was statistically significantly higher than the pre-test score (mean 19.42, SD 6.94) at p-value of 0.05. This verified that the implementation of 5E inquiry learning cycle incorporated with predict-observe-explain technique in the elaboration step was effective to enhance students' scientific conceptual understanding of electrochemistry.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	8
2.2 มโนคติวิทยาศาสตร์	20
2.3 เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย	26
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนการวิจัย	34
3.2 ขอบเขตของการวิจัย	35
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ	37
3.5 วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	41
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	42
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ผลการวิจัย	44
4.2 อภิปรายผล	77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	89
ภาคผนวก	
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ	98
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	100
ค แบบทดสอบวัดความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี	122
ง แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	143
จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	146
ฉ ผลการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	153
ช ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนรู้	162
ประวัติผู้วิจัย	167

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	15
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	36
3.2	การกำหนดจำนวนข้อสอบเพื่อวัดความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	37
3.3	การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีในแต่ละแผนการเรียนรู้กับ จุดประสงค์ และจำนวนชั่วโมงที่สอน	39
3.4	เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น	42
4.1	ผลการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันของคะแนนความเข้าใจใน มติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	45
4.2	คะแนนความเข้าใจในมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แยกตาม เนื้อหา	46
4.3	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ภาพรวมทั้งชั้นเรียน	54
4.4	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามตามเนื้อหา	55
4.5	คะแนนความเข้าใจในมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แยกตาม ระดับพฤติกรรม	62
4.6	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม	64
4.7	เกณฑ์การให้คะแนนส่วนที่เป็นเหตุผล คะแนนเต็ม 1 คะแนน	67
4.8	แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า	76
ค.1	เฉลยแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	140
จ.1	ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	147
จ.2	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าดัชนีความ สอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบเรื่อง ไฟฟ้าเคมี	149
จ.3	ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน	151

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ฉ.1	คะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมี	154
ฉ.2	คะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมีแยกตามเนื้อหา	156
ฉ.3	คะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมีแยกตามเนื้อหา	159

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
2.1	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	14
4.1	ตัวอย่างคำถามในขั้นสร้างความสนใจที่นักเรียนตอบในกิจกรรมที่ 1	48
4.2	ตัวอย่างสรุปผลการทดลอง กิจกรรมที่ 1 ที่นักเรียนได้ทำการทดลองสืบเสาะ	48
4.3	ตัวอย่างอภิปรายผลการทดลอง กิจกรรมที่ 1 ที่นักเรียนได้ทำการทดลองสืบเสาะ	49
4.4	ร้อยละคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และความก้าวหน้า เรื่องไฟฟ้าเคมี แยกตามเนื้อหา	50
4.5	ตัวอย่างการออกแบบการทดลองของนักเรียน กลุ่มที่ 2 (ก) กลุ่มที่ 3 (ข) ในกิจกรรมที่ 2 ตัวรับตัวให้(อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น	52
4.6	การออกแบบและบันทึกผลการทดลองของนักเรียนในกิจกรรมที่ 2 ตัวรับตัวให้ (อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น	52
4.7	ตัวอย่างผลจากการทำกิจกรรม POE ในขั้นขยายความรู้ของนักเรียน	53
4.8	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนและหลังเรียน	57
4.9	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียน จำแนกตามเนื้อหา	58
4.10	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม	59
4.11	ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติ คลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	60
4.12	ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติผิด (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	61
4.13	ร้อยละคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และความก้าวหน้า เรื่องไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม	63
4.14	ร้อยละของมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียนจำแนกตามระดับพฤติกรรม	65
4.15	ร้อยละของมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ ระดับ พฤติกรรมความเข้าใจที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	67
4.17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ในระดับ พฤติกรรมการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติผิดและไม่ตอบ (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	69
4.18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ในระดับ พฤติกรรมการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติผิด (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	70
4.19 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และ ออกซิไดส์ ระดับพฤติกรรมความเข้าใจที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติผิดและไม่ตอบ (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	71
4.20 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง เซลล์กัลวานิก ที่มีการ เปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	72
4.21 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	73
4.22 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง การป้องกันการผุกร่อน ด้วยวิธีแคโทดิกที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	74
4.23 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง การป้องกันการผุกร่อน ด้วยวิธีแคโทดิกที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติผิด (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)	75
ข.1 การชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักของโลหะเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์	163
ข.2 กิจกรรมการทดลองในชั้นสำรวจและค้นหาเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์	163
ข.3 กิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหาเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์ และการแนะนำ กระตุ้นด้วยคำถามของครูผู้สอน	163
ข.4 กิจกรรมในชั้นสร้างความสนใจเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนใน เซลล์กัลวานิก	164

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ช.5	กิจกรรมในชั้นสร้างความสำรวจและค้นหา (ก) และ (ข) การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก โดยนักเรียนมีการวางแผน ออกแบบและทำการทดลองด้วยตนเองเป็นกลุ่ม	164
ช.6	กิจกรรม POE ในชั้นสังเกต เพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก	165
ช.7	กิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหา (ก) และ (ข) การทำกิจกรรมเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์ผลไม้	165
ช.8	ผลการทดลองกิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหา เพื่อศึกษาการป้องกันการผุกร่อนของโลหะด้วยวิธีแคโทดิก	166

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นจะมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งได้ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) ดังนั้นทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ได้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยเฉพาะการเรียนรู้แบบสืบเสาะในชั้นเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการสังเกต มีการตั้งคำถาม ออกแบบวางแผนการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการสื่อสารความรู้เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ ทั้งยังส่งผลเอื้อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจโดยการเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมกับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545)

วิชาเคมีถือว่าเป็นหนึ่งในวิชาแกนของวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และการเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์ แต่เคมีเป็นวิชาที่ยากสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่และนักเรียนคิดว่าไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (ศักดิ์ศรี สุภาพร, 2555; อ้างอิงจาก Kegley, Stacy and Gutwill, 1996) สำหรับเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าเคมีและเป็นส่วนหนึ่งในวิชาเคมีที่ใช้ในการวัดและประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีเนื้อหาในแต่ละหัวข้อยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนและยากต่อครูผู้สอนที่จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนี้ การเรียนภายในโรงเรียนที่มีจำนวนของนักเรียนในแต่ละห้องมากประกอบกับการเรียนแบบบรรยายเพียงกลุ่มเนื้อหาอย่างเดียว ทำให้นักเรียนไม่สนใจ ขาดความกระตือรือร้น และเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ไม่ได้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ไม่เห็นภาพและไม่ได้ลงมือปฏิบัติทดลอง และ Acar and Tarhan (2013) ที่รายงานว่า การทดลองแบบดั้งเดิมตามวิธีในตำรา ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ละขั้นตอนจนเสร็จการทดลอง ทำให้ไม่เกิดการจดจำสัญลักษณ์ เนื้อหา และการทำความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทดลอง ส่งผลสืบเนื่องให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ผิด หรือคลาดเคลื่อนในเรื่องไฟฟ้าเคมีนั้นมากขึ้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้ทำให้ความเข้าใจในเนื้อหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างต่ำ เกิดมโนคติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและมโนคติที่ผิด จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้

ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติ ได้ทำการทดลองและเรียนรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสืบเสาะหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้ในมิติใหม่เพื่อให้ประสบผลสำเร็จ ครูจะต้องรู้เกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนในหัวข้อนั้น ๆ ครูต้องสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะทำการเรียนรู้ และให้คำแนะนำกับนักเรียนในระหว่างเรียนด้วย (Bodner, 1991) ซึ่งการที่ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้เดิม (Prior Knowledge) หรือแนวคิดทางเลือก (Alternative conceptions) ของนักเรียนว่าเป็นอย่างไร สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conceptions) และเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ จะสามารถช่วยให้ครูทราบพื้นฐานของนักเรียนและสามารถช่วยให้ครูออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมหรือแนวคิดทางเลือกกับความรู้หรือข้อมูลใหม่ จนเกิดการเรียนรู้และสามารถปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนให้เป็นแนวคิดหรือมโนคติวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555) อย่างไรก็ตามมโนคติในวิชาเคมีจำนวนมากยังเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างอะตอม และพันธะเคมี ซึ่งเป็นเรื่องของนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ ทำให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีมโนคติที่ไม่ถูกต้องในวิชาเคมีเป็นส่วนใหญ่ (สมเจตน์ อูระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาธร, 2554) แต่ถ้าสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติในระดับโมเลกุลเข้ากับสิ่งที่มองเห็นในระดับมหภาค และการเขียนด้วยสัญลักษณ์ทางเคมีได้จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิชาเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ศักดิ์ศรี สุภาธร, 2555)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนโดยเฉพาะเคมีเป็นวิชาอีกหนึ่งในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดกลาง ในอำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี จัดการเรียนวิชาเคมี 3 คาบต่อสัปดาห์ มีน้ำหนักหน่วยการเรียนรู้ 1.5 หน่วยกิต มีการวัดและประเมินผลการเรียนเป็นรายภาคเรียน และยังนำไปใช้ทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในโรงเรียนและการทดสอบในระดับชาติด้วย ซึ่งจากประสบการณ์การสอนที่ผ่านมาในโรงเรียนมีการสอนแบบบรรยายและทดลองตามแบบหนังสือเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เห็นได้จากรายงานของสำนักทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ในปีการศึกษา 2554, 2555 และ 2556 มีค่าร้อยละ 25.69, 31.57 และ 28.99 (SD 5.60, 7.21 และ 6.23) ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2556) ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของระดับประเทศ มีค่าเฉลี่ย 27.90, 33.10 และ 30.48 (SD 8.59, 10.37 และ 8.98) ตามลำดับ แต่เป้าหมายของโรงเรียนต้องการพัฒนาให้มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นทุกปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้สูงขึ้นตามเป้าหมายของโรงเรียน

การเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Science inquiry) ซึ่งเป็นกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติได้ลงมือทำด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนอย่างมีขั้นตอน ต่อเนื่องกันมีการประเมินผลในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) สำหรับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry cycle) ที่เป็นตัวอย่างใช้ในการเรียนการสอนประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (5E) คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) 5) ขั้นประเมิน (evaluation) (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; Supasorn and Promarak, 2015)

โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ เสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างเป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เหมาะสมกับผู้เรียนหลายระดับ และช่วยเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความเข้าใจเชิงมนมิติของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำเข้าใจมนมิติของเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้น และยังพัฒนาสติปัญญาขั้นสูงสำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงด้วย (ศักดิ์ศรี สุภาพร, 2554) อย่างไรก็ตามครูจะต้องใช้วิธีการที่หลากหลาย มีการใช้กิจกรรมกระตุ้นความสนใจ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ประเด็นปัญหาหรือคำถามในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อสรุปให้ได้องค์ความรู้ และต้องคอยชี้แนะเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจถึงกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ (จิระวรรณ เกษสิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ, 2553) นอกจากนี้ Acar and Tarhan (2013) รายงานว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในการทดลองทางด้านเคมีในห้องปฏิบัติการช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนเคมีมากขึ้น เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี ทักษะทางด้านการทดลองและนักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาเคมี อีกทั้งยังเหมาะสมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายและช่วยเพิ่มความเข้าใจมนมิติในเรื่องไฟฟ้าเคมี (Supasorn, 2015) และมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมนมิติของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ (Supasorn and Promarak, 2015)

นอกจากนี้กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นกิจกรรมหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมนมิติทางวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะจดจำความรู้ในระยะยาว (Costu, 2012) โดยมีมนมิติที่คลาดเคลื่อนน้อยลง และสามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มนมิติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (รัตน พันธ์สินี และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ, 2555) และการใช้สื่อที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนมากขึ้น เช่น มีการใช้กิจกรรมการทดลอง รูปภาพ แบบจำลองโมเดล เป็นต้น (เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) เช่นเดียวกับเนื้อหาการสอนไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองหรือการเปลี่ยนแปลงของสารที่นักเรียนสามารถสังเกตได้

ด้วยตนเอง โดยเทคนิคนี้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นความสำคัญของธรรมชาติที่ว่านักเรียนได้ฝึกการทำงานเป็นระบบอย่างนักวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นทำนาย (Predict) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นอธิบาย (Explain) โดยเรียนรู้ผ่านสถานการณ์การทดลองเพื่อทำนายผลว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรขึ้น และทำการทดลองเพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นจะอย่างไรและสอดคล้องกับที่ทำนายไว้หรือไม่ และในขั้นอธิบายนั้น นักเรียนอธิบายผลจากการทดลองที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับที่ทำนายไว้ (White and Gunstone, 1992) และเป็นเทคนิคที่จะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนในระดับมากที่สุดสอดคล้องกับ อุบลวรรณ ไททอง, กานต์ตระกูล วุฒิสเลา และพรพรรณ พิงโพธิ์ (2554) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2555) รายงานว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับกลวิธีการทำนาย สังเกตและอธิบาย จะช่วยสร้างความสนใจและกระตุ้นการเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการพัฒนาความเข้าใจในโมดูลวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อที่จะพัฒนาความเข้าใจในโมดูลวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นโดยแก้ไขโมดูลที่ผิดให้กลายเป็นโมดูลที่ถูกต้องตามแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ และแก้ไขปัญหาด้านการเรียนและความเข้าใจในเนื้อหาไฟฟ้าเคมีของนักเรียนตลอดจนเกิดทัศนคติที่ดีต่อวิชาเคมีอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเข้าใจในโมดูลวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจหลังเรียนของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี มีคะแนนโมดูลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี มีความพึงพอใจหลังเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 45 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 39 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 จำนวน 39 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 38 คนรวมทั้งหมดจำนวน 201 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร

1.4.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวนทั้งหมด 45 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากร เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่สอบคัดเลือกเข้าเรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์และมีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับที่ดีและต้องการพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กับนักเรียนให้เพิ่มสูงขึ้น

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.4.3.2 ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจโมเมนต์และคะแนนโมเมนต์วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี และความพึงพอใจหลังเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4.4 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย เนื้อหาที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 15 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ปฏิกริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิก และเซลล์ผลไม้ม การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนของโลหะด้วยวิธีแคโทดิก

1.4.5 สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย สถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ คือ โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ตำบลโพธิ์ไทร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานีการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม 2557 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2557 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 15 ชั่วโมง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ (1) ขั้นสร้างความสนใจ โดยครูกระตุ้นด้วยการให้นักเรียนดูวิดีโอและทำใบกิจกรรมในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและกระตุ้นด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสงสัยและเกิดคำถาม (2) ขั้นสำรวจและค้นหาด้วยการทำกิจกรรมการทดลองทางไฟฟ้าเคมี (3) ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ ผู้สอนใช้กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการทดลองก่อน แล้วสังเกตผลการทดลอง และอธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสิ่งที่ทำนายไว้ (5) ขั้นการประเมินผล

1.5.2 ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain) หมายถึง เทคนิคหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นที่ 4 ขยายความรู้ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นทำนาย (Predict) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นอธิบาย (Explain) โดยขั้นทำนายนั้นครูสร้างสถานการณ์การทดลองเพื่อที่จะให้นักเรียนได้ทำนายว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรขึ้น ซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือเขียนอธิบายผลจากการทำนายลงในใบกิจกรรม ส่วนขั้นสังเกต นักเรียนทำการทดลองหรือดูวิดีโอเพื่อสังเกตและศึกษาผลที่เกิดขึ้นจริงว่าเป็นอย่างไรและสอดคล้องกับที่ทำนายไว้หรือไม่ และในขั้นอธิบาย นักเรียนอธิบายผลจากการทดลองว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับที่ทำนายไว้พร้อมให้เหตุผลประกอบ เป็นเทคนิคที่นำมาผสมผสานในขั้นตอนการจัดกิจกรรมเพื่อเสริมความเข้าใจให้นักเรียนและใช้เวลาไม่นานจนเกินไป

1.5.3 มโนคติวิทยาศาสตร์ (Scientific Conceptions) หมายถึง ความคิดรวบยอด ความเข้าใจ มโนทัศน์ มโนภาพที่มีต่อปรากฏการณ์ ความรู้หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดจากข้อเท็จจริง หลักการสถานการณ์ต่าง ๆ การทดลองหรือการเรียนรู้ที่มีความหมาย หลักการ ที่เราสามารถพิสูจน์ได้ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาประมวลเป็นความรู้ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างถูกต้องเป็นที่เชื่อถือและยอมรับทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งมโนคติของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิม มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมมีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนคติหนึ่ง ๆ อาจเกิดจากการนำมโนคติหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล

1.5.4 ไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry) หมายถึง เนื้อหาหรือสาระการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 5 หัวข้อหลักได้แก่ ปฏิกริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนของโลหะด้วยวิธีแคโทดิก

1.5.5 ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบ พอใจและสนใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

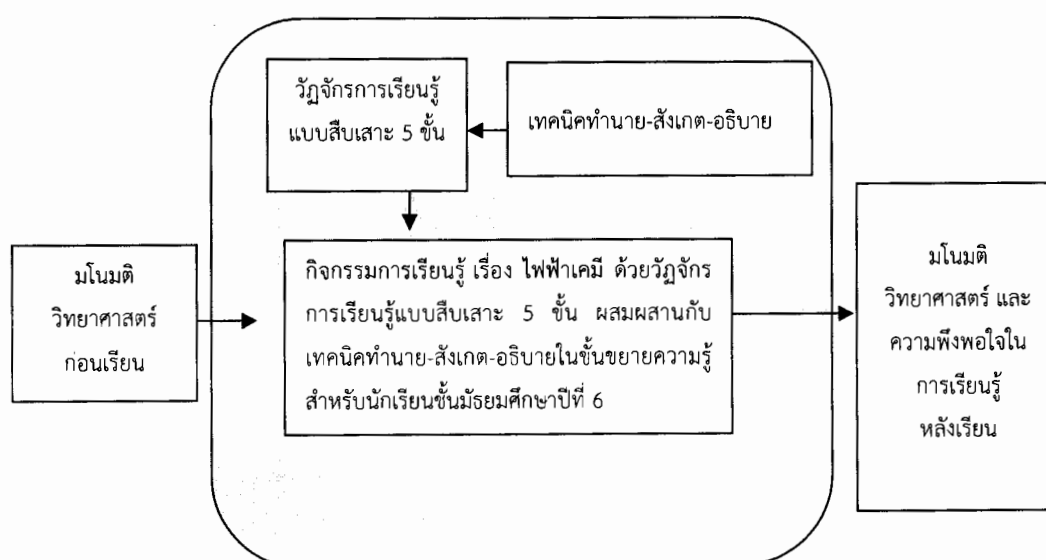
1.6.1 นักเรียนเห็นคุณค่า มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรายวิชาเคมีและรายวิชาวิทยาศาสตร์

1.6.2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และมีคะแนนผลการทดสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชาติ (O-NET) เพิ่มสูงขึ้น

1.6.3 นักเรียนได้รับองค์ความรู้และวิธีการเรียนรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาอื่น ๆ ในรายวิชาเคมีและรายวิชาวิชาอื่นๆ และเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับเข้ากับชีวิตประจำวันได้

1.6.4 นักเรียนได้ฝึกกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม รู้จักวางแผนการทำงานร่วมกัน และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางด้านการสังเกต การทำการทดลองที่เพิ่มสูงขึ้น

1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการวิจัย เรื่องการพัฒนาความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยที่ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.2 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์

2.3 เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.1.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Inquiry learning เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหา ครูต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเองมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ และเปลี่ยนความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้ หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์หรือวิธีในการแก้ปัญหา

สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุม ปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) กล่าวถึงการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ค้นคว้ากับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไรและประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่ประเด็นเกี่ยวกับบุคคลได้

ทิสนา แคมมณี (2546) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ถือว่าเป็นกระบวนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยการนำเสนอตัวอย่าง ข้อมูล ความคิด เหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ ที่มีหลักการ แนวคิด ที่ต้องการสอนให้แก่ผู้เรียนแฝงอยู่ มาให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ จนสามารถดึงหลักการ แนวคิดที่แฝงอยู่ออกมาเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Science inquiry) เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติได้ลงมือทำด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใช้ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่างๆมาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหา อย่างเป็นระบบ มีการวางแผนอย่างมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน มีการประเมินผลในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้

จากการศึกษาถึงความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของนักการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่า การสอนหรือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติลงมือทำด้วยตนเองและสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง มีการตั้งคำถาม การวางแผน การสำรวจตรวจสอบ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การสื่อสารความรู้เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจทำให้เกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน

2.1.2 องค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

องค์ประกอบสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ เป็นสิ่งสำคัญและส่งผลต่อผู้เรียนให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการสืบเสาะหาความรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548)

2.1.2.1 ผู้เรียนตั้งใจจดจ่อกับการถามคำถามวิทยาศาสตร์ คำถามวิทยาศาสตร์ หมายถึงคำถามที่นำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบได้ เป็นคำถามเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ สิ่งมีชีวิต เหตุการณ์ใน

ธรรมชาติที่เชื่อมโยงกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ คำถามดังกล่าวนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล แล้วใช้ข้อมูลผ่านการวิเคราะห์แล้วมาสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ นั้น คำถามที่ถามจึงเป็นประเภทที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “ทำไม” เช่น ทำไมวัตถุทุกชนิดจึงตกลงสู่พื้น และ คำถาม “อย่างไร” เช่น แสง น้ำ และอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พืชเติบโตได้อย่างไร การเริ่มต้น คำถามของผู้เรียนมักจะเป็นการใช้คำถาม “ทำไม” ที่ผู้สอนต้องช่วยให้นักเรียนปรับปรุงเป็นคำถาม “อย่างไร” เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะ หาความรู้ในลำดับขั้นต่อไป สิ่งที่จะกระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม อาจเกิดจากการถามคำถามของครูในหนังสือเรียน สื่อและสิ่งเรียนรู้ต่าง ๆ ในเว็บไซต์ ฯลฯ ครูที่มี ประสบการณ์สูง จะสามารถกระตุ้นนักเรียนถามคำถามที่มีคุณค่านำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

2.1.2.2 ผู้เรียนให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานที่มีความสอดคล้องกันกับคำถาม ความรู้ วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้จากประจักษ์พยานในธรรมชาติ และหาคำอธิบายธรรมชาติว่าเกิดขึ้น อย่างไร จึงต้องเน้นข้อมูลที่แม่นยำจากการสังเกตอย่างถี่ถ้วนด้วยประสาทสัมผัส การวัด การใช้ เครื่องมือต่าง ๆ ที่ได้มาตรฐานช่วยขยายความสามารถของประสาทสัมผัส เช่น แวนขยาย กล้องจุลทรรศน์ ปรากฏการณ์ที่เป็นธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมได้เหมือนการทดลองในห้องปฏิบัติการจึง ต้องใช้เวลาในการสังเกต สืบค้นเป็นเวลานาน แล้วมาลงความเห็น (infer) เกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจาก ปัจจัยต่าง ๆ การรวบรวมข้อมูลจากประจักษ์พยานในธรรมชาติ จึงต้องทำหลายอย่าง ทำซ้ำหลายครั้ง รวบรวมข้อมูลที่แตกต่างแต่อาจมีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์อย่างเดียวกัน การปฏิบัติดังกล่าวทำให้ ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องอาศัยประจักษ์พยาน เพื่อสร้าง คำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ เช่นเดียวกัน นักเรียนจะสังเกตพืช สัตว์ สิ่งของ หรือปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ และอธิบายรายละเอียดจากการสังเกต มีการวัด การจัดจำแนก การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง รวบรวมข้อมูล หรือประจักษ์พยานที่แม่นยำและครบถ้วนเพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้นซึ่ง อาจจะเกี่ยวข้องกับความสำเร็จส่วนตัว ความสัมพันธ์ทางสังคม ค่านิยมทางศาสนา

2.1.2.3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยาน การอธิบายเพื่อตอบ คำถามที่สงสัยจะอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์เหตุและผลคือประจักษ์พยานที่ได้รับจากการสำรวจ ตรวจสอบ ด้วยการใช้ความคิดวิจารณ์ในการสร้างคำอธิบายที่เป็นการแสดงถึงการเรียนรู้เกี่ยวกับ สิ่งที่ยังไม่เคยรู้ ไม่คุ้นเคย เชื่อมโยงกับสิ่งที่สังเกต หรือที่เคยเรียนรู้มาก่อนแล้ว โดยการสร้างคำอธิบาย ที่อาจจะสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างมีเหตุผล การอธิบายจากประจักษ์พยานที่รวบรวมได้ เป็นการสร้าง แนวความคิดใหม่จากความเข้าใจที่มีอยู่แล้ว และถือว่าเป็นการสร้างความรู้ใหม่สำหรับนักเรียน ครูควร เน้นให้เห็นว่าคำอธิบายดังกล่าวของนักเรียนยังไม่ใช่คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.1.2.4 ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยาน ในช่วงที่นักเรียน จะประเมินคำอธิบายปรับปรุงแก้ไข มีการเพิ่มหรือตัดทอน ตรวจสอบว่าคำอธิบายนั้นได้รับการ สนับสนุนอย่างจริงจังจากประจักษ์พยานหรือไม่ การอธิบายนั้นตอบคำถามหรือไม่ มีอะไรแสดงถึง

ความไม่เที่ยงตรง ไม่แม่นยำ ในการเชื่อมโยงประจักษ์พยานมาสู่คำอธิบาย หรือมีคำอธิบายอื่นที่เป็นเหตุผลมากกว่าหรือไม่ นักเรียนจะต้องได้รับการชี้แนะให้อ่านพิจารณา ทบทวนเปรียบเทียบ ตรวจสอบ คำอธิบายของตนกับครู เพื่อนคนอื่น ๆ จากหลักการทางวิทยาศาสตร์ในหนังสือตำรา เพื่อให้คำอธิบาย นั้นเชื่อถือได้ว่าถูกต้อง สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ได้ยอมรับแล้ว

2.1.2.5 ผู้เรียนสื่อสารนำเสนอคำอธิบายของตนเอง การเสนอคำอธิบายของนักเรียนให้ผู้อื่นเข้าใจจะต้องมีความชัดเจนตั้งแต่คำถาม วิธีการที่ใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบ ประจักษ์พยานที่ รวบรวมได้จากข้อมูล คำอธิบายที่มีการทบทวน ตรวจสอบกับคำอธิบายอื่น ๆ การนำเสนอคำอธิบาย ของนักเรียน ควรเปิดโอกาสให้มีการซักถาม ตรวจสอบประจักษ์พยาน วิพากษ์วิจารณ์ สนับสนุน หรือโต้แย้งอย่างมีเหตุผล เนื่องจากความรู้ที่นักเรียนสร้างคำอธิบายนั้นอาจมีส่วนที่อาจเกิดความผิดพลาด หรือคำอธิบายนั้นเกินกว่าประจักษ์พยานที่มีอยู่ หรืออาจมีการนำเสนอคำอธิบายอีกแนวหนึ่งได้จาก ประจักษ์พยานเดียวกันนั้น การนำเสนอคำอธิบายนี้อาจนำไปสู่คำถามในการเชื่อมโยงประจักษ์พยาน อื่น ๆ และความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามข้อซักถาม สนองตอบต่อข้อโต้แย้ง ได้อย่างมั่นใจ

2.1.3 ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แบ่งเป็น 4 ระดับ (สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2551) ได้ดังนี้

2.1.3.1 การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) คือเป็นการสืบเสาะหา ความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิด เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว โดยครูเป็นกำหนดปัญหาและคำตอบ หรือองค์ความรู้ที่คาดหวังให้นักเรียนค้นพบและให้ผู้เรียนทำ กิจกรรมในหนังสือหรือใบงาน หรือตามที่ครูบรรยายบอกกล่าว

2.1.3.2 การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) คือเป็นการสืบเสาะหา ความรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และสาธิตหรืออธิบาย การสำรวจตรวจสอบ แล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด

2.1.3.3 การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) คือจะเป็นการสืบ เสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็น ผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจ ตรวจสอบ

2.1.3.4 การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Opened Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิด เป็นผู้กำหนดปัญหา ออกแบบ และปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จากระดับของการสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 4 ระดับ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ใหม่ มีการสำรวจตรวจสอบความรู้ที่ได้รับจนเกิดองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง คอยแนะนำให้คำปรึกษาในการเรียนรู้ของผู้เรียน

2.1.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งมีนักการศึกษาและผู้ให้เสนอรูปแบบการสอนไว้ดังนี้

นิตยา ผลประดง (2554; อ้างอิงจาก กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) ได้นำเสนอรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

(1) ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นตอนที่ครูใช้คำถามเพื่อดึงดูดความสนใจนักเรียนให้เกิดความพร้อม เกิดความสงสัย อยากรู้คำตอบ และแจ้งจุดประสงค์ในการศึกษาครั้งนั้น ๆ

(2) ขั้นการสอน แบ่งขั้นตอนในขั้นการสอน ดังนี้

(2.1) การอภิปรายก่อนเริ่มทำการทดลองโดยครูและนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายตั้งสมมติฐาน ครูชี้แจงวิธีดำเนินการทดลอง บอกข้อระวัง ข้อสังเกตในการทดลองหรือเก็บรวบรวมข้อมูล

(2.2) ขั้นทดลอง นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามกิจกรรมและวิธีการที่กำหนดให้ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปผลการทดลอง

(2.3) ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง ครูนักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยครูตั้งคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดลองมาอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป รวมทั้งอภิปรายถึงข้อบกพร่องที่พบในระหว่างการทดลอง

(3) ขั้นการสรุป ครูและนักเรียนมาทำการอภิปรายโดยที่นำความรู้จากการทดลองมาสรุปเป็นหลักการ หรือโน้มนำตามวัตถุประสงค์

(4) ขั้นการนำไปใช้ ครูและนักเรียนมีการอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อที่จะนำความรู้หรือหลักการที่สรุปได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้เสนอขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

(1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา ในกรณีที่ไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอด้วยประเด็น

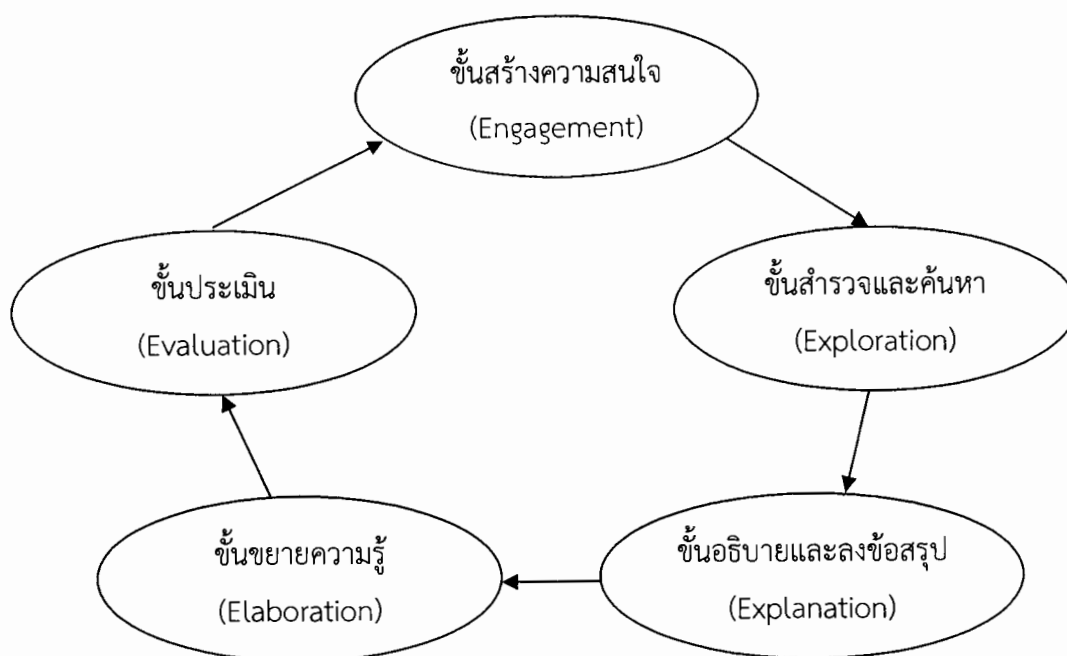
ขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนมากขึ้น อาจารย์รวมทั้งการรับรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

(2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

(3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้วิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

(4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

(5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ เกิดเป็นวัฏจักรการสืบเสาะหรือเรียกว่า Inquiry cycle ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนต่อไป ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

และเทคโนโลยี (2546)

จากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ และขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน

2.1.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

การนำรูปแบบการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไปใช้สิ่งที่ครูควรระลึก คือ การจัดเตรียมกิจกรรม ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และควรพิจารณาตรวจสอบบทบาทของครูและนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นว่าสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้หรือไม่ ซึ่งมีขอบข่ายของบทบาทครูและนักเรียนดังรายละเอียดของรูปแบบดังนี้

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. สร้างความสนใจ (Engage) ครูจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์กระตุ้น ยั่วเย้า หรือท้าทาย ทำให้นักเรียนสนใจ สงสัย ใคร่รู้ อยากรู้ อยากเห็น ชัดแย้ง หรือเกิดปัญหา และทำให้นักเรียนต้องการ ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง หรือแก้ปัญหา (สำรวจตรวจสอบ) ด้วยตัวของนักเรียนเอง	1. เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม 2. แปลกใหม่นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน 3. ยั่วเย้า ท้าทาย น่าสนใจ ใคร่รู้ 4. เปิดโอกาสให้มีแนวทางการตรวจสอบอย่างหลากหลาย 5. นำไปสู่กระบวนการ ตรวจสอบด้วยตนเอง นักเรียนเอง	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้ อยากเห็น 3. ตั้งคำถาม กระตุ้นนักเรียนคิด 4. ให้นักเรียนคิดก่อนตอบคำถามหรือไม่เร่งรีบในการตอบคำถาม 5. ดึงเอาคำตอบหรือความคิดที่ยังไม่ชัดเจน ไม่สมบูรณ์ เปิดโอกาสให้ทำความเข้าใจในปัญหา	1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความคิดเห็น 4. กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่จะสำรวจตรวจสอบให้ชัดเจน 5. แสดงความสนใจ
2. สำรวจและค้นหา (Explore) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบปัญหา หรือประเด็นที่นักเรียนสนใจ ใคร่รู้	1. นักเรียนได้เรียนรู้วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง 2. นักเรียนทำงานตามความคิดอย่างอิสระ 3. นักเรียนตั้งสมมติฐานได้หลากหลาย	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ 2. ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ 3. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐาน 3. พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย



ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	4. พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏแล้วกำหนดสมมติฐานที่เป็นไปได้ 5. นักเรียนวางแผนแนวทางการสำรวจตรวจสอบ 6. นักเรียนวิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสำรวจตรวจสอบ 7. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสำรวจตรวจสอบ	4. ให้นักเรียนในการคิดไตร่ตรองปัญหา 5. สังเกตการณ์ทำงานของนักเรียน 6. ฟังการโต้ตอบกันของนักเรียน 7. ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา 8. อำนวยความสะดวก	4. ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ 5. ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบขั้นตอนถูกต้อง 6. บันทึกการสังเกตหรือผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบระเบียบ 7. กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ
3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ อธิบายความรู้ หรือ อภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งกันและกันเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้	1. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมานำเสนอในลักษณะ 1.1 วิเคราะห์ แผลผล 1.2 สรุปผล 1.3 อภิปราย 2. นักเรียนนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ เช่น รูปวาด ตาราง แผนผัง	1. ส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบ และแนวคิดด้วยคำพูดของตนเอง 2. ให้นักเรียนอธิบายโดยเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิม และสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือสิ่งที่ได้ค้นพบเข้าด้วยกัน	1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจตรวจสอบที่ได้ 2. อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบสอดคล้องกับข้อมูล 3. อธิบายแบบเชื่อมโยงสัมพันธ์ และมีเหตุผลหลัก การ หรือหลักฐานประกอบ

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
หรือสิ่งที่ได้ค้นพบ เพื่อให้นักเรียนได้ พัฒนาความรู้ความ เข้าใจในองค์ความรู้ที่ ได้อย่างชัดเจน	3. มีการอภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกี่ยวกับผลงานของ นักเรียน 4. มีการพิสูจน์ตรวจสอบ ให้แน่ใจ (ทำซ้ำหรือมี เอกสารอ้างอิง หรือ หลักฐานชัดเจน)	3. ให้นักเรียนอธิบาย โดยมีเหตุผล หลักการ หรือหลักฐานประกอบ 4. ให้ความสนใจกับคำ อธิบายของนักเรียน 5. ส่งเสริมให้นักเรียน สรุปองค์ความรู้ที่ได้ อย่างถูกต้อง ชัดเจน สมเหตุสมผล	3. อธิบายแบบ เชื่อมโยงสัมพันธ์ และมีเหตุผลหลัก การ หรือหลักฐาน ประกอบ 4. ฟังการอธิบาย ของผู้อื่น แล้วคิด วิเคราะห์ 5. อภิปรายซักถาม เกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อน อธิบาย
4. ขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัด กิจกรรมหรือ สถานการณ์ที่ให้ นักเรียนได้ขยาย เพิ่มเติม หรือเติมเต็ม องค์ความรู้ใหม่ให้ กว้างขวางสมบูรณ์ กระจ่างและลึก ซึ้ง ยิ่งขึ้น	1. ให้นักเรียนเชื่อมโยง ความรู้เดิมไปสู่ความรู้ ใหม่ 2. ให้นักเรียนได้อธิบาย และร่วมอภิปรายแสดง ความคิดเห็นเพิ่มเติม หรือเติมเต็มเพื่อให้ได้ องค์ความรู้ที่สมบูรณ์กร กระจ่าง หรือลึกซึ้งขึ้นหรือ ขยายกรอบความรู้ความ คิดให้กว้างขึ้น	1. ส่งเสริมให้นักเรียน อธิบายอย่างละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ และ อภิปรายแสดงความคิด เห็นเพิ่มเติม หรือเติม เต็มหรือขยายแนว ความ คิด และทักษะ จากการสำรวจ ตรวจสอบ 2. ส่งเสริมให้นักเรียน เชื่อมโยงความรู้จาก การสำรวจตรวจสอบ กับความรู้อื่น ๆ	1. ใช้ข้อมูลจากการ สำรวจตรวจสอบไป อธิบายหรือทักษะ จากการสำรวจ ตรวจสอบไปใช้ใน สถานการณ์ใหม่ที่ คล้ายกับ สถานการณ์เดิม 2. นำข้อมูลจาก การสำรวจ ตรวจสอบไปสร้าง ความรู้ใหม่

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	3. ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือทดลองเพิ่มขึ้น 4. ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นสถานการณ์ใหม่	3. ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเพิ่มเติม หรือขยายกรอบความรู้ความคิด	3. นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่ออธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
5. ประเมินผล (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์ วิจารณ์หรือ อภิปรายซักถาม แลก เปลี่ยนองค์ความรู้ซึ่งกันและกัน ในเชิงเปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุง เพิ่มเติม หรือทบทวนใหม่ ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้	มีการตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจน ความสมบูรณ์ของกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้โดย 1. วิเคราะห์แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน 2. วิจารณ์ หรืออภิปรายเพื่อเปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ 3. เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับสมมติฐานที่กำหนดไว้	1. ถามคำถามเพื่อนำไป สู่การประเมิน 2. ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินกระบวนการและผลงานด้วยตนเอง 3. ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจตรวจสอบ ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้	1. วิเคราะห์กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง 2. ถามคำถามที่เกี่ยวข้องจากการสังเกต หลักฐานและคำอธิบายเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้อง ชัดเจน สมบูรณ์ และอาจนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบใหม่ 3. ประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ของตนเอง

ที่มา: เอกสารการอบรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สสวท. (2551)

จากการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยครูจะต้องเข้าใจบทบาทของตนเองและบทบาทของนักเรียนให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ฝึกทักษะทางด้านต่าง ๆ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง การสื่อสารและนำเสนอ เป็นต้น โดยครูต้องคอยกำกับดูแล คอยให้คำแนะนำ ปรีกษา ตลอดจนคอยกระตุ้นและให้กำลังใจในการเรียนของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรงด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

2.1.6 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีสอนที่เหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อมจัดลำดับเนื้อหา แนะนำหรือช่วยให้ นักเรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเอง ส่วนนักเรียนเป็นผู้เรียนภายใต้เงื่อนไขของครู นักเรียนมีอิสระในการดำเนินการทดลองอย่างเต็มที่

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

(1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ และศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยากเรียนอยู่ตลอดเวลา

(2) นักเรียนได้มีโอกาสที่จะฝึกความคิดและฝึกฝนการกระทำ ทำให้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและวิธีการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้และถ้อยการเรียนรู้ได้

(3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

(4) นักเรียนสามารถเรียนรู้โมโนติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

(5) นักเรียนจะเป็นผู้มีความคิดที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

พจนนา ทรัพย์สมาน (2549) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

(1) นักเรียนได้วิเคราะห์ในสิ่งที่สำคัญที่จะเรียนรู้ วางแผนกำหนดขอบเขตแนวทางของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ลงมือเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลายตามความถนัดของตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบศักยภาพที่แท้จริงของตนเอง รู้จักและเข้าใจตนเองมากขึ้น

(2) นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ปฏิบัติจากสื่อที่เป็นจริง รู้และเข้าใจในสิ่งที่เรียนได้อย่างถูกต้อง มีทักษะในการปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาอื่นๆ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

(3) นักเรียนมีโอกาสฝึกทักษะกระบวนการต่างๆ ด้วยการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

(4) นักเรียนมีโอกาสเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ทำให้นักเรียนรู้สึกได้ว่าตนเองมีคุณค่าความสำคัญ ได้รับการยอมรับ มีความสุขและเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง

(5) นักเรียนได้ฝึกตนให้เป็นคนที่มีความรับผิดชอบ ชยัน อดทน มีลักษณะของบุคคลที่มีความเป็นประชาธิปไตย

จากการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีข้อดี คือ ช่วยเพิ่มศักยภาพทางสติปัญญา นักเรียนมีมโนคติเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ดีขึ้น ได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง มีโอกาสในการฝึกปฏิบัติจริง เกิดทักษะกระบวนการในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปในชีวิตประจำวันได้

2.2 มโนคติวิทยาศาสตร์

2.2.1 ความหมายของมโนคติ

คำว่า “มโนคติ” มาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Concept” บางคนใช้คำว่า ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ สังกัป มโนภาพ หรือแนวคิด ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายเดียวกันและในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า มโนคติ ซึ่งมีนักวิจัยได้ให้ความหมายของคำว่ามโนคติไว้หลายท่านดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) กล่าวว่า มโนคติ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2540) ได้สรุปความหมายของมโนคติไว้ว่า มโนคติ คือ การจัดลักษณะที่เหมือนกันของประสบการณ์หรือสิ่งของเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบทำให้เกิดเป็นความคิดหรือประเภทของประสบการณ์ อาจกล่าวได้มโนคติเป็นความคิดหรือความเข้าใจในขั้นสุดท้ายที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดหรือเรื่องหนึ่งเรื่องใด ภายในช่วงเวลาหนึ่งและมโนคตินี้อาจเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์มากขึ้นหรือวุฒิภาวะสูงขึ้น

มนตรี เชื้อพันธ์งาม (2544; อ้างอิงจาก ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ, 2525) ได้สรุปถึงความหมายของคำว่ามโนคติไว้ว่า มโนคติ คือ ความเข้าใจที่สรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยแต่ละคนย่อมมีมโนคติเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์หรือวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) กล่าวว่า มโนคติ เป็นความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหรือเกิดจากการสังเกตแล้วใช้คุณสมบัติที่มีความคล้ายคลึงกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า มโนคติ ความคิดหรือความเข้าใจที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ ผ่านประสบการณ์ของบุคคลนั้น ๆ ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หรือ ปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยมีมโนคติของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น

2.2.2 ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์

มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมมีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไปอย่างลึกซึ้งตลอดเวลา มโนคติหนึ่งอาจเกิดจากการนำเอามโนคติหลายๆมโนคติมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมโนคติที่เกิดจากข้อเท็จจริงที่แน่นหนักในเชิงปริมาณเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

ปฐุมภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง มโนคติทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่า

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

มนตรี เชื้อพันธ์งาม (2544; อ้างอิงจาก มังกร ทองสุคติ, 2522) ให้ความหมายว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ระบบสังเคราะห์ (Synthesis) หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผล (Logical Relationship) หรือ ความคิดสำคัญ (Big Idea) ซึ่งรวมข้อเท็จจริง (Fact) และหลักเกณฑ์ (Principle) ของแต่ละบุคคลว่าเข้าใจความสัมพันธ์ในวัตถุ (Objects) หรือสัญลักษณ์ (Symbol) หรือสถานการณ์ (Situation) มากน้อยเพียงใด โดยนัยนี้มโนคติจึงเป็นสิ่งปรุงแต่งขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผลและทำให้ข้อเท็จจริงมีความหมายที่จะช่วยให้เกิดประโยชน์ในการคิดขั้นต่อไป

จากความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ จะเห็นได้ว่ามโนคติทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้แตกต่างจากมโนคติทั่วไปมากนักเพียงแต่มโนคติทางวิทยาศาสตร์เป็นการรวบรวมข้อสรุปบนพื้นฐานของเหตุและผล ซึ่งอาศัยข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นและข้อสรุปที่เหมือนกันในเรื่องนั้น ๆ

2.2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับมโนคติ

Posner, et al. (1982) ได้เสนอเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในมโนคติไว้ว่าประกอบด้วย

(1) จะเกิดความไม่พอใจในมโนคติที่มีอยู่ (Dissatisfaction) คือบุคคลต้องเผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์แปลกๆที่หาข้อสรุปไม่ได้ และคลายความเชื่อถือต่อมโนคติที่ตนมีอยู่ในแง่ความสามารถในการแก้ปัญหาเหล่านั้น

(2) มโนคติใหม่ต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง (Intelligible) บุคคลต้องสามารถมองเห็นได้ว่ามโนคติใหม่ก่อให้เกิดประสบการณ์ที่เพียงพอสำหรับการแสวงหาความเป็นไปได้ต่าง ๆ อย่างไร

(3) มโนคติใหม่ต้องฟังดูน่าเชื่อถือ (Plausible) อย่างน้อยมโนคติใหม่จะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ นอกจากนี้มโนติดังกล่าวจะต้องสอดคล้องกับความรู้ในสาขาอื่นอีกด้วย เช่น แนวคิดใหม่ในวิชาดาราศาสตร์จะไม่ใช่ที่ยอมรับถ้ามันไม่สอดคล้องกับความรู้ทางฟิสิกส์ในปัจจุบัน

(4) มโนคติใหม่ต้องมีประโยชน์สำหรับการใช้ในบริบทอื่น (Fruitful) มโนติดังกล่าวจะต้องมีศักยภาพที่จะขยายขอบเขตของการแสวงหาความรู้อื่นๆ

จากเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนติดังกล่าวเป็นการเสนอที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจก่อนที่จะมีการเปลี่ยนมโนคติ ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวนั้นคือการที่ต้องการให้ความรู้ใหม่เป็นสิ่งที่เข้าใจง่าย (Meaningful) มีความเป็นไปได้ (Truthful) และมีประโยชน์ (Useful) ถ้ามโนคติใหม่มีความขัดแย้งกับมโนคติที่มีอยู่ เขาจะต้องต่อสู้กับการตัดสินใจที่ยาก เพื่อแก้ปัญหาโดยทำความเข้าใจกับมโนคติที่มีอยู่ในปัจจุบัน และจากการที่เขาไม่สามารถแก้ปัญหาหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับมโนคติที่มีอยู่ จึงเป็นวิธีการที่จะนำไปสู่การพิจารณาโมเดลใหม่ที่เป็นไปได้

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงแนวคิดว่ามี 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 นักเรียนจะมีแนวความคิดมโนคติเดิมอยู่ก่อนแล้วสำหรับใช้ในการเผชิญหน้ากับปรากฏการณ์ใหม่ๆ เรียกว่า ขั้นขยายความคิด

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่แนวความคิดมโนคติเดิมที่มีอยู่ก่อนหน้านี้แล้ว ไม่สามารถเผชิญหน้ากับปรากฏการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม จะต้องมีการแก้ไขขั้นนี้ เรียกว่า ขั้นปรับปรุงแนวความคิด จะเห็นว่าแนวความคิดของโพสเนอร์และคนอื่น ๆ นั้นสอดคล้องกับแนวความคิดที่ว่า การสืบเสาะการเรียนรู้เกิดขึ้นโดยใช้มโนคติเป็นตัวชี้้นำในการสืบเสาะใน การหาคำตอบนั้น ๆ

2.2.4 ประเภทของมโนคติ

มโนคติอาจแบ่งประเภทได้หลายอย่างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่งแยกของผู้รู้หรือของนักวิชาการในแต่ละสาขา ดังเช่น

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523) มีแนวทางการแบ่งประเภทของมโนคติทั่วไปออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) มโนคติที่มีลักษณะร่วมกัน เป็นประเภทของมโนคติที่มีอยู่เป็นส่วนใหญ่ เรียนรู้ได้ง่าย มีคุณลักษณะร่วมกันหลายอย่าง

(2) มโนคติที่เป็นเชิงสัมพันธ์ เป็นมโนคติที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกหรือส่วนของกลุ่มมาพิจารณาคูณลักษณะ หรือคุณค่าผิดแผกแตกต่างกัน แต่สมาชิกที่เป็นส่วนประกอบมีความสัมพันธ์กันในบางลักษณะ

(3) มโนคติที่เป็นเชิงวิเคราะห์ เป็นมโนคติที่อยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะที่สังเกตได้จากส่วนของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว แต่ละอย่างภายในกลุ่มซึ่งละเอียดซับซ้อนกว่ามโนคติสองประเภทแรก

นอกจากนี้ ภาพ เลอาห์ไฟบูลย์ (2540) ยังได้แบ่งประเภทของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

(1) มโนคติเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classificational concept) โดยเป็นมโนคติที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ โดยการนำไปใช้ในการบรรยายถึงวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น ตัวอย่าง เช่น

(1.1) ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย

(1.2) แมลงเป็นสัตว์ที่มี 6 ขา ลำตัวเป็นปล้อง แบ่งเป็น 3 ส่วน

(1.3) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง มีเลือดอุ่น เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีหัวใจ 4 ห้อง มีฟันฝังในขากรรไกร

(2) มโนคติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (correlational concept) เป็นมโนคติที่มีการกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลนำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ มักจะเป็นมโนคติที่แสดงว่าเท่ากัน สูงกว่า ต่ำกว่า ระหว่าง มาก น้อย ตัวอย่างเช่น

(2.1) ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรมากขึ้น

(2.2) ความต่างศักย์ของไฟฟ้าเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน

(2.3) อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น

(3) มโนคติเกี่ยวกับสิ่งที่มองไม่เห็น หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า มโนคติทางทฤษฎี (theoretical concept) เป็นมโนคติที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุนว่าเป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น

(3.1) โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์

(3.2) อะตอมประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน และอนุภาคเล็ก ๆ อีกจำนวนหนึ่ง

(3.3) น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน

2.2.5 มโนคติที่คลาดเคลื่อน

มโนคติที่คลาดเคลื่อนนั้นได้มีนักการศึกษาที่ได้ให้ความหมายของคำว่า “มโนคติที่คลาดเคลื่อนและมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์” ไว้หลายท่าน เช่น

Wondersee, J. (1986) ให้ความหมายของคำว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า หมายถึง มโนคติที่เกิดจากการให้ความหมายโดยที่ไม่ได้รับการยอมรับซึ่งบางครั้งความหมายนั้นไม่ถึงกับผิด

พนิดา กันยะกาญจน์ (2556; อ้างอิงจาก Griffith, A. and Thomey, K.I., 1988) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน คือ แนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง ซึ่งเกิดจากแนวคิดล่วงหน้าที่มีอยู่ก่อน โดยความคิดนี้อาจจะแตกต่างไปจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิงหรือแตกต่างเพียงบางส่วน หรือสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ความคิดที่คลาดเคลื่อนนี้จะเกิดขึ้นได้ต้องใช้เวลานาน และถ้าเกิดขึ้นแล้วจะคงอยู่นานและยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้

Peterson, R.F and Treagust, D.F. (1989) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์เป็นมโนคติที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์อันมีสาเหตุมาจากการสอน

จากความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาหลายท่าน พอสรุปได้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของภายในของแต่ละบุคคลที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรือจากผู้รอบรู้เชี่ยวชาญโดยสิ้นเชิงหรืออาจจะแตกต่างเพียงบางส่วน

2.2.6 มโนคติที่ผิด

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนคติที่ผิด ไว้ดังนี้

Lawson, A. (2001) ได้ให้ความหมายว่า มโนคติที่ผิด หมายถึง ความรู้ของตนเองที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับกัน เกิดจากประสบการณ์ โดยเมื่อเกิดมโนคติที่ผิดแล้วจะฝังแน่นและยากที่จะเปลี่ยนแปลงและแก้ไขได้

Sander, M. (1993) ให้ความหมายว่า มโนคติที่ผิด หมายถึง ข้อสันนิษฐานเชิงสติปัญญาที่ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้องที่นักเรียนมีอยู่และยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ถูกต้องในระยะเวลาอันสั้น โดยคำตอบที่ผิดไม่จำเป็นต้องเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนเสมอไป จึงควรแยกให้ชัดเจนว่าสิ่งใดเป็นมโนคติที่ผิด สิ่งใดเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมโนคติที่ผิดเป็นมโนคติที่ไม่ตรงกับมโนคติของนักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

จากความหมายข้างต้นพอสรุปได้ว่า มโนคติที่ผิดนั้นเป็นมโนคติที่ไม่ตรงกันกับมโนคติหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์และเป็นมโนคติที่ยากจะแก้ไขและเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิดนั้นมีสาเหตุหลายประการ และการที่จะทำให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยปัจจัย วิธีการสอนที่หลากหลาย

พนิดา กันยะกาญจน์ (2556; อ้างอิงจาก Renner and et al., 1990) ได้กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนและมโนคติที่ผิด เกิดจากสาเหตุ ดังนี้

(1) ตำราเรียน เช่น การแก้ปัญหาทักษะทางวิทยาศาสตร์ การทำกิจกรรมเรียนรู้ และการลงข้อสรุปต่าง ๆ

(2) นักเรียนขาดข้อสรุปล่วงหน้าที่นักเรียนมีอยู่ก่อนหน้านี้หรือจากแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์

(3) หนังสือเรียน การที่หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์หลายเล่มพยายามใช้ภาพ แบบจำลอง หรือคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายมโนคติ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานในการแปลความหมาย สื่อความหมายและนำเสนอแตกต่างกันทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนและเกิดมโนคติทางเลือกได้มากที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขมโนคติผิดและคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ครูผู้สอนสามารถใช้ประสบการณ์ สอนของครูในการเพิ่มการเรียนรู้ที่มีความหมายของนักเรียนภายในห้องโดยใช้วิธีการเชื่อมโยงมโนคติ ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนสามารถที่จะสร้างความสัมพันธ์เกี่ยวกับมโนคติต่าง ๆ ได้ (Wondersee, J., 1986)

นอกจากนี้วิธีการสอนเพื่อทำให้เกิดมโนคติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง พอสรุปได้ดังนี้ (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย, 2535)

(1) การใช้อุปกรณ์ สื่อให้เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน โดยการเรียน การสอนนั้น การใช้อุปกรณ์การสอนที่เหมาะสม จะช่วยให้ครูประสบผลสำเร็จในการสอนทำให้ บทเรียนที่ซับซ้อนชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งการเลือกใช้อุปกรณ์และสื่อการสอนนั้นครูผู้สอนที่จะเป็นผู้พิจารณา ว่า อุปกรณ์นั้น ๆ เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียนเพียงใด

(2) ครูจะต้องจัดประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียนได้สัมผัสของจริงมากที่สุดเท่าที่โอกาส จะอำนวยหรือครูผู้สอนอาจนำสื่อการสอนต่าง ๆ เช่น รูปภาพ หุ่นจำลอง หรือวีดิทัศน์ ฯลฯ มาใช้ในการ สอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติ ขึ้นมาด้วยตนเอง

(3) การทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น การเห็น การชิม การดม หรือการสัมผัส เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จัก สังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาให้เห็นอย่างเด่นชัดเหล่านี้จะทำให้มีความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้นอันจะนำไปสู่การสร้างมโนคติต่อไป

(4) การเลือกใช้วิธีการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน ครูจะต้องพิจารณาเลือก วิธีการสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้นักเรียน วิธีการสอนบางวิธี เช่น วิธีสอนแบบบรรยายควร นำมาใช้ให้น้อยที่สุด เพราะการสอนวิธีนี้จะทำให้เกิดมโนภาพที่จะนำไปสู่การสร้างมโนคติอย่างผิด ๆ ได้ ง่าย

จากที่มาข้างต้นสรุปได้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นความคิดหรือความเข้าใจของภายใน ของแต่ละบุคคลที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรืออาจจะแตกต่างเพียง บางส่วน และมโนคติที่ผิด เป็นมโนคติที่ไม่ตรงกันกับมโนคติหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่

ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์และเป็นโมเดลที่อยากจะแก้ไขและเปลี่ยนแปลง ซึ่งการแก้ไขทำให้นักเรียนเกิดมโนคติที่ถูกต้องครูผู้สอนต้องคำนึงถึงการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจากประสบการณ์ตรงด้วยตนเอง ใช้วัสดุอุปกรณ์และสื่อการสอนที่หลากหลาย เน้นกระบวนการกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางด้านต่าง ๆ สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาใช้การเรียนการสอนที่เน้นให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.3 เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

การเรียนรู้ด้วยเทคนิค-สังเกต-อธิบาย ภาษาอังกฤษใช้คำว่า Predict-Observe-Explain หรือเรียกสั้น ๆ ว่า POE เป็นรูปแบบการสอนที่มีการพัฒนาขึ้นโดย White and Gunstone (1992) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความเห็นและอภิปรายในสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นและทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้น หลังจากนั้นนักเรียนก็จะได้สังเกตสถานการณ์ดังกล่าวและอธิบายผลที่เป็นไปได้จากการสังเกต โดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญ (ปิยะนุช เรือนเจริญ, 2556; อ้างอิงจาก White, R.T. and Gunstone, 1992) ดังนี้

2.3.1 ขั้นการทำนาย (Predict) เป็นขั้นตอนในการทำนายว่าผลที่จะเกิดจากการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ที่กำหนดให้จะเป็นอย่างไรบ้าง โดยที่นักเรียนจะต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำนายของนักเรียนประกอบด้วย ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจที่จะอยากเรียนด้วย (น้าค้าง จันเสริม, 2551)

2.3.2 ขั้นการสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องมือทดลองเองหรือพิสูจน์หาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองจากกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหา และสังเกตสถานการณ์สัณฐานและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสังเกตกับการทำนายในขั้นแรกว่าผลที่เกิดขึ้นนั้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่สังเกตได้

2.3.3 ขั้นการอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสังเกตกับการทำนายผลว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร นักเรียนจะเกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจากการหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่าถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลองหรือสถานการณ์ปัญหาไม่ได้ตามที่ทำนายไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบด้วยตนเองนักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อนในการหาคำตอบ

จากข้อสรุปข้างต้นกล่าวได้ว่า เทคนิควิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) เป็นเทคนิคที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา โดยการทำนายผลการทดลองเป็นอันดับแรก ซึ่งครูสร้างสถานการณ์การทดลองหรือประสบการณ์ให้นักเรียนค้นหาคำตอบ ทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นไว้ล่วงหน้า ขั้นสังเกต นักเรียนทำการทดลองและสังเกตเพื่อศึกษาว่าผลเกิดขึ้นเป็นอย่างไร และสอดคล้องกับที่ทำนายไว้หรือไม่ และในขั้นอธิบาย นักเรียนอธิบายผลจากการทดลองว่า

สอดคล้องหรือขัดแย้งกับที่ทำนายไว้และให้เหตุผลประกอบ ซึ่งเหมาะสมกับการจัดการเรียนตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลทางด้านวิทยาศาสตร์

สมเจตน์ อูระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2554) ได้เปรียบเทียบโมเดลก่อนเรียนและเรียน เรื่องพันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาด พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (p-value น้อยกว่า 0.001) และมีคะแนนความก้าวหน้าร้อยละ 33.28 ซึ่งสูงขึ้นกว่าเดิม โดยภายในกิจกรรมประกอบด้วย 6 กิจกรรมหลัก และเรียนรู้ผ่านโมเดล T5 กระดาด และทดสอบด้วยข้อสอบแบบ 2 ลำดับขั้น ซึ่งในการดำเนินการตามกิจกรรมแล้ว สามารถลดโมเดลที่คลาดเคลื่อนและที่ผิดของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีบางส่วนที่ยังไม่สามารถปรับแก้โมเดลที่คลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากพฤติกรรมการเรียนรู้และการรับรู้ของบุคคลแต่ละคนไม่เท่ากัน

ศักดิ์ศรี สุภาพร (2555) ได้ศึกษาถึงบทบาทของเมนทอลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับ ทำให้ทราบว่า การสร้างเมนทอลโมเดลของผู้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนสามารถสร้างเมนทอลโมเดลได้ดีจะสามารถเรียนรู้และเข้าใจวิชาเคมีได้ดีขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระดับมหภาคเข้ากับระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดผลดีต้องมีการใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่สะท้อนให้เห็นภาพได้อย่างถูกต้อง

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเชียงแก้วพิทยาคม โดยมีโมเดลที่ศึกษาได้แก่ ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราผลของพื้นที่ผิวที่มีต่ออัตรา ผลของความเข้มข้นที่มีต่ออัตรา กลไกของตัวเร่งที่มีต่ออัตรา และผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตรา พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนคติ สังเกตได้จากนักเรียนมีมโนคติที่ผิดลดลง แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ ช่วยลดมโนคติที่ผิดของนักเรียนลงได้ เนื่องมาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตัวเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนคตินั้นอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมเดลได้ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำมาสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และนักเรียนยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยมีครูเป็นผู้นำหน้าที่อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ ให้แก่นักเรียน

Supasorn S. (2015) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจโน้มนมติและเมนทอลโมเดลในเรื่องเซลล์กัลวานิกก่อนและหลังเรียนโดยใช้การทดลองขนาดย่อมส่วนร่วมกับแบบจำลองขนาดเล็ก (Model Kit) ซึ่งในการเรียนรู้จะใช้การเรียนรู้แบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ พบว่าในการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในการพัฒนานโน้มนมติและเมนทอลของนักเรียนได้ โดยมีการแบ่งระดับความเข้าใจเป็น 5 ระดับ คือ NU, PMU, PU และ SU โดยก่อนการเรียนรู้นี้นักเรียนจะมีโน้มนมติที่คลาดเคลื่อนมาก อยู่ในระดับ PMU และไม่เข้าใจ (NU) แต่หลังจากได้รับการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเปลี่ยนความเข้าใจไปอยู่ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้น คือ ระดับ PU และ PMU ตามลำดับ ซึ่งสามารถพัฒนาความเข้าใจโน้มนมติของนักเรียนได้

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2555) ได้มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 คาบ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอัมพวงวิทยาคม พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเพราะวิธีการสืบเสาะ เป็นกระบวนการที่เน้นพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน เป็นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้มากที่สุด มีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น มีความเข้าใจในเนื้อหา ได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม รู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มีความคิดสร้างสรรค์ ตลอดจนมีการสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง และมีคะแนนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกัน เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ชนิด 5E จะมีขั้นตอนของทักษะการคิดเชิงวิพากษ์สอดแทรกอยู่เสมอ ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสอนที่ทันสมัย และใช้สื่อนวัตกรรมทางการศึกษาประกอบการเรียน ใช้คำถามส่งเสริมการคิด ส่งผลให้เกิดความสามารถในเชิงวิพากษ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ควบคู่กับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) โดยสอดแทรกในขั้นการสร้าง ความสนใจ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจภายในแล้วสามารถตั้งคำถามวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน เพื่อนำไปสู่การค้นหาวิธีการหาคำตอบ และสามารถนำความรู้ที่นำมาสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตัวเอง

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2556) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 คาบ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนรามวิทยา รัชมังคลาภิเษก โดยแทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในขั้นสร้างความสนใจ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม POE ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้น ๆ และทำให้นักเรียนอยากรู้คำตอบที่คาดคะเนไว้ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทาง

วิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้เมื่อเรียนแล้วเกิดความรู้มากขึ้น และยังเน้นทักษะการคิดและทักษะความรู้ขั้นสูง ทำให้เป็นส่วนหนึ่งที่น่าสนับสนุนในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชานั้น ๆ ได้ และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลของการทดลองที่ได้แล้วนำมาเปรียบเทียบ และเชื่อมโยงหลักการที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาอธิบายและเป็นคำตอบของคำถามที่ตั้งไว้ในตอนต้น

กรีธา ภูผาแด่ (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน สกลราชวิทยานุกูล พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีร้อยละ ความก้าวหน้า ทางการเรียนรู้เรื่อง ยาง เพราะเนื้อหาเรื่องยางนักเรียนจะต้องทำการทดลองจึงทำให้เกิดความเข้าใจประกอบกับเป็นหัวข้อในตอนท้าย ซึ่งนักเรียนสามารถทำกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ดีขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ POE เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทชีวิตประจำวัน และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวนักเรียนเอง ได้เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีและมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุด

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

พลัมน เ็นสมุทร และเสนอ ชัยรัมย์ (2557) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงมนมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส โรงเรียนสตรีสิริเกศ โดยมนมิติที่ศึกษาได้แก่ กรด-เบสในชีวิตประจำวัน อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ทฤษฎีกรดเบสและ pH ของสารละลายปฏิกิริยาของกรด-เบส รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความเข้าใจเชิงมนมิติตัวเลือกสองลำดับชั้นหลังจากการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย ช่วยพัฒนามนมิติของนักเรียนได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ค้นคว้าหาคำตอบ และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มมากขึ้น โดยครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้คอยควบคุม ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ วางแผนในการจัดการเรียนรู้ และเตรียมสื่อการเรียนรู้ นอกจากนี้ การใช้แบบวัดมนมิติตัวเลือกสองลำดับชั้นยังช่วยสะท้อนความเข้าใจเชิงมนมิติของนักเรียนผ่านตัวเลือกที่เป็นเหตุเป็นผลกัน สามารถทำให้เข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ง่ายกว่าการใช้แบบวัดมนมิติตัวเลือกลำดับชั้นเดียว

รัตนา พันสนธิ และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ (2555) ได้จัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องงานและพลังงาน เพื่อพัฒนามนมิติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านป่าโนนขวาง โดยศึกษามนมิติเรื่อง การเกิดงาน พลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่นและกฎการอนุรักษ์พลังงาน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบวัดมนมิติงานและ

พลังงาน แผนผังโมโนมิติ และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม หลังจากได้รับการสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE สามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนรู้ส้อมโนมิติทางวิทยาศาสตร์ ขณะที่จำนวนของนักเรียนที่มีมโนมิติคลาดเคลื่อนลดลง

พัทธาวาน นาใจแก้ว และวรัญญา จีระพูลวรรณ (2557) ได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนมิติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา จ.อุดรธานี โดยใช้แบบวัดมโนมิติแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก หลังจัดการเรียนรู้พบว่า ครูมีมโนมิติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากครูสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ อีกทั้งครูยังได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่การทำนายที่สะท้อนความรู้เดิมของตนเองแล้วพิสูจน์ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งผลที่ออกมาต่างหรือเหมือนกันกับที่คาดการณ์ไว้นั้นจะต้องอธิบายอย่างสมเหตุสมผล และอยู่บนข้อมูลที่รวบรวมไว้ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และการนำการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยมาเสริมมีความสำคัญต่อการแนะนำและช่วยให้ผู้เรียนสร้างมโนมิติที่ซับซ้อน เข้าใจยาก ไม่คุ้นเคยให้เป็นรูปธรรมและเข้าใจง่ายขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถพัฒนามโนมิติของนักเรียนจากมโนมิติเดิมสู่มโนมิติวิทยาศาสตร์ได้ มีมโนมิติที่คลาดเคลื่อนลดลง เนื่องจากนักเรียนได้มีการสร้างองค์ความรู้จากการทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมให้เหตุผล หลังจากนั้นก็ทำการสังเกตสถานการณ์หรือการทดลอง และขั้นสุดท้ายอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสังเกต และเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนายกับผลจากการสังเกตว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร จากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจนได้ข้อสรุปของคำอธิบาย ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้อย่างลึกซึ้งสร้างเป็นองค์ความรู้ของตัวเองได้

2.4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

พรรณธิดา มั่นใจ (2550) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี: เซลล์กัลวานิก พบว่า ความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี แสดงว่าการจัดการเรียนการสอนแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพิ่มเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 9.28 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 46.42 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 13.53 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67.67 จากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยและคะแนนร้อยละหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนคิดเป็นความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 21.25 และเปรียบเทียบโดยใช้ค่า t-test ซึ่งเป็นค่าที่ 2.12 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่ 6.58 ให้ค่าอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากในการจัด

กิจกรรมมีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งนักเรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ ได้เห็นภาพเคลื่อนไหวทำให้เข้าใจง่ายขึ้น อีกทั้งในขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมใช้วิธีการสอนแบบ จิกซอว์เข้ามาช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้เกิดความร่วมมือกันในการเรียนรู้ในเนื้อหา ได้ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้กับเพื่อนทำให้ได้รับความรู้เพิ่มมากขึ้น

จุฑามาศ เจตน์กลกิจ (2551) ได้พัฒนาชุดการสอนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี สำหรับ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนวิชาเคมีที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 87.48/81.43 มีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.68 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีความคงทนในการเรียนรู้วิชาเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนร้อยละ 76 ของนักเรียนทั้งหมด มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม เนื่องจาก ในการดำเนินกิจกรรมมีการสอนแบบอุปนัย แบ่งเป็น 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นเตรียม ขั้นสอนหรือ ขั้นให้ตัวอย่าง ขั้นเปรียบเทียบและรวบรวมข้อมูล ขั้นสรุป และขั้นนำไปใช้ ระหว่างดำเนินกิจกรรมมี การทดสอบหลังเรียนทันทีทำให้นักเรียนมีคะแนนระหว่างหน่วยการเรียนรู้ที่สูง และการเรียนโดยใช้ชุด การสอนนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการฝึกปฏิบัติด้วยตนเองจากสื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์การทดลอง ที่ช่วยให้นักเรียนถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่สลับซับซ้อนให้เป็นนามธรรม สูงเข้าใจรวดเร็วขึ้น ชีตี่ และ รูปภาพ ช่วยให้ผู้เรียนสนใจในการเรียนมากขึ้น จึงส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

พรทิพย์ เมืองแก้ว (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการ เรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องไฟฟ้าเคมี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เท่ากับ 81.12/75.44 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 68.50 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมืออยู่ในระดับมาก เนื่องจากการ เรียนรู้แบบร่วมมือที่ใช้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นวิธีการที่เน้นการจัดสภาพแวดล้อมทางการ เรียนรู้ สมาชิกในแต่ละกลุ่มมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ได้ลงมือปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรม โดยในการดำเนินกิจกรรมผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่หลากหลาย และสอดคล้องกับลักษณะเนื้อหา ซึ่งมีการเลือกรูปแบบการสร้างผลสัมฤทธิ์ของทีม (STAD) แบบกลุ่ม แข่งขัน (TGT) แบบกลุ่มร่วมมือ (LT) และแบบต่อบทเรียน (Jigsaw) นอกจากนี้ครูผู้สอนยังคอยชี้แนะ แนวทางให้เกิดการเรียนรู้โดยกระบวนการกลุ่มส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและนักเรียนมี ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมด้วย

รุ่งทิพย์ ศศิธร, ศักดิ์ศรี สุภาพร และชาญ อินทร์แต้ม (2554) ได้ศึกษาการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือกับชุดการเรียนรู้แบบ 5E พบว่า นักเรียนมี

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในการเรียนรู้จะประกอบด้วย 5 กิจกรรม คือ ปฏิบัติการระหว่างโลหะกับโลหะไอออน อิเล็กโทรดและอิเล็กโทรไลต์ เซลล์กัลวานิก เซลล์ผลไม้ม และวิธีแคโทดิก โดยแต่ละกิจกรรมผู้วิจัยมีการแทรกกิจกรรมทำนาย-ตั้งสมมติฐาน-ทดลอง-อธิบาย-อภิปราย (Pre-HEED) เข้าไปแทรกในขั้นสร้างความสนใจทำให้นักเรียนมีความสนใจ อยากที่จะเรียนรู้ เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนส่งผลต่อนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในระดับ มาก

อุบลวรรณ ไททอง, กานตะรัตน์ วุฒิสเลา และพรพรรณ พิงโพธิ์ (2554) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ในระดับที่สูงถึงร้อยละ 70 และในการจัดกิจกรรมนักเรียนมีทักษะด้านการสังเกตสูงสุด นอกจากนี้นักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก อีกทั้งยังสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางเรียนให้สูงขึ้นได้ด้วย เนื่องจากภายในกิจกรรมมีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามในใจหลังจากการทำนายผล และนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติเองในขั้นการสังเกตเพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์และมีการอธิบายเหตุผลเปรียบเทียบในสิ่งที่เกิดขึ้นด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ไฟฟ้าเคมีนั้นแต่ละเทคนิคก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละวิธีการสอนและรูปแบบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ และยังกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน มีทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามยังขาดการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่มีการผสมผสานเทคนิค POE ในขั้นขยายความรู้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เพราะการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดออกแบบ มีการวางแผนการทดลอง เพื่อหาคำตอบของคำถาม และค้นคว้าหาข้อมูลเพื่ออธิบายในสิ่งที่นักเรียนได้ทำการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ศึกษา นักเรียนจึงมีพัฒนาการด้านการมีความคิดเห็นของตนเอง กล่าวในการแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม โดยที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน และเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถแก้ไขมโนคติผิดหรือคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ลดลงและปรับเปลี่ยนไปสู่มโนคติที่ถูกต้องหรือมโนคติวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้

ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลาง ให้เข้าใจโมเดลได้ดีขึ้น สำหรับการเรียนในเนื้อหาไฟฟ้าเคมี จะเห็นได้ว่าการใช้ชุดการสอน การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการเรียนแบบร่วมมือส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น และแต่ละกิจกรรมนักเรียนได้ลงมือทำ เรียนรู้ร่วมกันจากชุดการสอน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเอง ถือเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการปฏิบัติจริง และนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น ทั้งยังได้ฝึกกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม นอกจากนี้การใช้เทคนิคการเรียนรู้ด้วยวิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ยังสามารถที่จะพัฒนาความเข้าใจในการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้เริ่มจากการทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าก่อนทำให้ได้คิด และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ โดยการฝึกสังเกตผลที่จะเกิดจากการทำนาย และอธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ ซึ่งการเรียนแบบนี้จะช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจในนิเวศวิทยาของเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

- 3.1 แบบแผนการวิจัย
- 3.2 ขอบเขตของการวิจัย
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
- 3.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 การวัดความเข้าใจในนิเวศวิทยาของเรื่อง ไฟฟ้าเคมี

การวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

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

โดย O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

O_2 คือ การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

X คือ การจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.1.2 การวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

การวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบหลังเรียน (One shot case study design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

X----- O

(3.2)

โดย O คือ การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

X คือ การจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.2 ขอบเขตของการวิจัย

3.2.1 ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 45 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 39 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 จำนวน 39 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 38 คน รวมทั้งหมด จำนวน 201 คน ภายในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ตำบลโพธิ์ไทร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวนทั้งหมด 45 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากร

3.2.3 สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย สำหรับสถานที่ในการทำการวิจัยครั้งนี้ คือ โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ตำบลโพธิ์ไทร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี ทำการทดลองโดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม 2557 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2557 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลองรวม 15 ชั่วโมง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 5 แผน รวมเวลา 15 ชั่วโมง (ภาคผนวก ข)

3.3.1.2 กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการทดลองที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย สังเกต และอธิบายในชั้นขยายความรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการเรียนรู้เรื่อง	ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	กิจกรรม POE
1. ปฏิกริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	3	คู่ไหนคู่กัน เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์	คู่ไหนเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์
2. ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์	2	ตัวรับตัวให้ (อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น	ใครดีใครเด่นเป็นตัวรีดิวซ์
3. เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม	5	1. ไฟฟ้ามาจากไหน ใครให้ใครรับ 2. เซลล์กัลวานิกมาตรฐานกับแบบย่อส่วน 3. เซลล์ผลไม้มได้ไฟฟ้า	1. ทายซิคูไหนให้ไฟฟ้า 2. พลังงานไฟฟ้าจากผัก
4. การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า	2	แยกน้ำง่ายนิดเดียว	ทายซิคูไหนให้แก๊ส
5. การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก	3	1. เคลือบผิวสวดยด้วยโลหะ 2. การป้องกันสนิมของตะปูเหล็กด้วยวิธีแคโทดิก	1. การชุบซ้อนด้วยโลหะเงิน 2. การป้องกันสังกะสีผุกร่อน

กิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมในชั้นสร้างความสนใจ โดยให้นักเรียนดูวิดีโอและกระตุ้นด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นสำรวจและค้นหา ให้นักเรียนออกแบบการทดลองทางด้านเคมี โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน ใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก โลหะที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่น กระป๋องอะลูมิเนียม ตะปู แผ่นสังกะสีมุงหลังคา เป็นต้น สารเคมีหรือสารละลายที่ใช้หาได้ในท้องถิ่น มีปริมาณน้อย ทำให้ช่วยลดปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้นสามารถป้องกันมลพิษ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้เวลาในชั้นเตรียมการทดลองและขั้นตอนทดลองน้อยกว่าการทดลองแบบปกติ มีความปลอดภัย ง่ายต่อการจัดการ ความแม่นยำและความถูกต้องของการทดลองเป็นที่ยอมรับได้

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 แบบทดสอบวัดความเข้าใจในเคมีวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยเป็นข้อสอบชนิด 2 ลำดับขั้น ขั้นที่ 1 เป็นแบบปรนัย 3 และ 4 ตัวเลือก ขั้นที่ 2 เป็นการให้เหตุผล แบบเขียนตอบ และปรนัย 3 และ 4 ตัวเลือก รวมทั้งหมด จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก ค) โดยมีค่าความยากง่าย (p)

รายข้อระหว่าง 0.20–0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อระหว่าง 0.32–0.66 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.81 โดยกำหนดจำนวนข้อสอบดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การกำหนดจำนวนข้อสอบเพื่อวัดความเข้าใจโน้ตวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)			รวม (ข้อ)
	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	
1. ปฏิกริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	5	2	2	9
2. ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์	3	1	1	5
3. เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้	1	1	7	9
4. การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า	1	2	-	3
5. การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก	1	1	2	4
รวมทั้งหมด	11	7	12	30
ร้อยละ	36.66	23.33	40.00	100.00

3.3.2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจหลังเรียนของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนทั้งหมด 15 รายการ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคอร์ท (Likert Rating Scale) มีระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ โดย 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 4 หมายถึง พึงพอใจมาก 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด มีค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาของแบบสอบถามเท่ากับ 0.91 (ภาคผนวก ง)

3.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี

3.4.1.1 วิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คู่มือครู

วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี 4 ในด้านขอบข่ายของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ วิชา วิทยาศาสตร์ และกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4.1.2 เลือกเนื้อหาในการสอน คือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมเพิ่มเติม เคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใช้สอนในกลุ่มตัวอย่าง

3.4.1.3 เลือกวิธีการสอนโดยใช้วิธีการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ วิเคราะห์และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้

3.4.1.4 กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีความสอดคล้อง กับเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

3.4.1.5 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบไปด้วย สารสำคัญ ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

3.4.1.6 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนตรวจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน ที่มีประสบการณ์ในการสอน วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี 4 ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการวัดและ ประเมินผล เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบประเมินความคิดเห็น แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

3.4.1.7 นำคะแนนแต่ละข้อมาแปลความหมายหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

ช่วงคะแนน 4.51–5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ช่วงคะแนน 3.51–4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ช่วงคะแนน 2.51–3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ช่วงคะแนน 1.51–2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ช่วงคะแนน 1.00–1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ถ้าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 2.50 ขึ้นไปและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการสอนมีความเหมาะสม

3.4.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปทดลองใช้กับนักเรียน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม เวลาที่ใช้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำแผนการสอนไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่งให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และนำแผนการสอนไปใช้ในครั้งต่อไป โดยการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีในแต่ละแผนการเรียนรู้กับจุดประสงค์ และจำนวนชั่วโมงที่สอนแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีในแต่ละแผนการเรียนรู้กับจุดประสงค์ และจำนวนชั่วโมงที่สอน

เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ชั่วโมงสอน	จำนวนข้อสอบ
1. ปฏิกริยารีดอกซ์ และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกริยารีดักชัน ปฏิกริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดส์ในแง่การถ่ายโอนอิเล็กตรอน และการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน	3	9
2. ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์	2. เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ ได้	2	5
3. เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม	3. อธิบายหลักการทำงาน ต่อเซลล์กัลวานิก เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาและเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก	2	5
	4. อธิบายวิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E°) โดยการเปรียบเทียบกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน และใช้ค่า E° ของครึ่งเซลล์ทำนายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ พร้อมทั้งคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกได้ และการประยุกต์กับเซลล์ผลไม้ม	3	4
4. การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า	5. อธิบายหลักการการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า และเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	2	3
5. การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก	6. อธิบายหลักการการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ และการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก	3	4
รวม		15	30

3.4.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจในนิเวศวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

3.4.2.1 ศึกษาการวัดและสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจในนิเวศวิทยาศาสตร์

3.4.2.2 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา เรื่องไฟฟ้าเคมี โดยจำแนกพฤติกรรมออกเป็น 3 ระดับ คือ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ เพื่อกำหนดสัดส่วนของจำนวนของข้อสอบ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อสร้างแบบทดสอบให้มีความตรงเชิงเนื้อหา กำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.4.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจในนิเวศวิทยาศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 65 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.4.2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณา ด้านความตรงเชิงเนื้อหา และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence: IOC) โดยการใช้หลักเกณฑ์กำหนดคะแนนความคิดเห็น วิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 1.00 ซึ่งสรุปได้ว่าข้อสอบที่มีความตรงเชิงเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ IOC โดยใช้เกณฑ์การประเมินของ สมนึก ภัททิยธนี (2546) ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.4.2.5 คำนวณหาค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย โดยนำข้อสอบ จำนวน 65 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และเคยเรียนมาแล้ว จำนวน 30 คน แล้ววิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ โดยเรียงคะแนนจากมากไปหาคะแนนน้อย

3.4.2.6 นำผลที่ได้ของข้อสอบ 65 ข้อ มาวิเคราะห์เป็นรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

3.4.2.7 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในนิเวศวิทยาศาสตร์ที่คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขให้เหลือ 30 ข้อ ไปทดลองครั้งที่ 2 กับนักเรียนโรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 45 คน และนำผลคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรและนำผลคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

3.4.2.8 จัดทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในนิเวศวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.4.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ เพื่อนำมากำหนดกรอบรายการวัดความพึงพอใจ

3.4.3.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจตามกรอบที่ได้กำหนดไว้ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ซึ่งประกอบไปด้วยรายการประเมินความพึงพอใจ จำนวน 15 รายการ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) โดยมีรายละเอียดดังนี้

สอดคล้องกับความพึงพอใจมากที่สุด	5	คะแนน
สอดคล้องกับความพึงพอใจมาก	4	คะแนน
สอดคล้องกับความพึงพอใจปานกลาง	3	คะแนน
สอดคล้องกับความพึงพอใจน้อย	2	คะแนน
สอดคล้องกับความพึงพอใจน้อยที่สุด	1	คะแนน

การประเมินระดับความพึงพอใจของนักเรียน ประเมินตามเกณฑ์ดังนี้ คือ

มีความพึงพอใจมากที่สุด	มีค่าคะแนนเฉลี่ย	4.26 – 5.00
มีความพึงพอใจมาก	มีค่าคะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.25
มีความพึงพอใจปานกลาง	มีค่าคะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50
มีความพึงพอใจน้อย	มีค่าคะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50
มีความพึงพอใจน้อยที่สุด	มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า	1.50

3.4.3.3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จากนั้นดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ และนำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้รับการปรับปรุงสมบูรณ์แล้วไปใช้จริง

3.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.5.1 ครูแนะนำรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้และบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.5.2 ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเมนต์ วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 30 ข้อ

3.5.3 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้จำนวน 5 แผน

3.5.4 ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ชุดเดิมที่คล้ายคลึงกันแต่มีการสลับข้อคำถาม จำนวน 30 ข้อ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.6.1 ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์ในการให้คะแนนโมโนติวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ แบ่งเป็น 4 ระดับ โดยปรับปรุงจาก Supasorn and Promarak (2015); พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2557) ได้แก่ มโนคติถูกต้อง (Good conception) มโนมิตคลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (Alternative conception) และมโนคติที่ผิด (Misconception) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนติทางวิทยาศาสตร์แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น

มโนคติ	เกณฑ์ที่ใช้	คะแนน
มโนคติถูกต้อง (Good conception: G)	ตอบถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผล (ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์)	2
มโนมิตคลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (Alternative conception: A)	ตอบตัวเลือกถูก แต่เหตุผลผิด หรือตัวเลือกผิด แต่เหตุผลถูก (ถูกต้องเป็นบางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์)	0.5-1.5
มโนคติที่ผิด (Misconception: M)	ตอบผิดทั้งตัวเลือกและเหตุผล (ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจผิดมาก)	0
มโนคติที่ผิด (Misconception) (ไม่ตอบ)	ตอบตัวเลือกผิดและไม่เขียนตอบ และไม่อธิบายเหตุผล	0

3.6.2 เปรียบเทียบคะแนนมโนติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent-samples t-test analysis) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 15.0 for windows

3.6.3 การเปรียบเทียบความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent-samples t-test analysis) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for windows จำแนกตามเนื้อหาย่อย และจำแนกตามระดับพฤติกรรม

3.6.4 ศึกษาระดับความพึงพอใจหลังเรียนของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for windows เทียบกับเกณฑ์การประเมินผลตาม Rating scale แบบ 5 ระดับ 5, 4, 3, 2, 1 คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยและอภิปรายผลเกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ตำบลโพธิ์ไทร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 29 ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัยและนำเสนอผลการวิจัยและอภิปรายผลตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิจัย

การศึกษาคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple choice conceptual test) จำนวน 30 ข้อ ดังนี้

4.1.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แบบทั้งชั้นเรียน

จากการวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent samples t-test) ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันของคะแนนความเข้าใจโมเมนต์
ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

คะแนน	N	คะแนนเต็ม	Mean	SD	ร้อยละ	ร้อยละ ความก้าวหน้า	t
ก่อนเรียน	45	60	19.42	6.94	32.37	38.75	19.08*
หลังเรียน	45	60	42.67	8.94	71.12		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่น
ร้อยละ 95 (ค่า p 0.05)

จากการวัดความเข้าใจโมเมนต์วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ดังตารางที่ 4.1 พบว่า
นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 19.42 (SD 6.94) คิดเป็นร้อยละ 32.37 ของคะแนนเต็ม และ
คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 42.67 (SD 8.94) คิดเป็นร้อยละ 71.12 ของคะแนนเต็ม โดยมีร้อยละของ
ความก้าวหน้าคิดเป็น 38.75 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลัง
เรียน ด้วยการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนโมเมนต์หลังเรียน
สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.1.2 คะแนนความเข้าใจโมเมนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามเนื้อหา

จากการวัดความเข้าใจโมเมนต์วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ
สืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำแนกตามเนื้อหา ได้ผลปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนความเข้าใจโมเมนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แยกตามเนื้อหา

เนื้อหา (คะแนน)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ร้อยละ ก้าวหน้า	T-test*	
	Mean	SD	ร้อยละ	Mean	SD	ร้อยละ		t	p
1. ปฏิกริยา รีดอกซ์และ การถ่ายโอน อิเล็กตรอน (18)	6.78	3.32	37.67	14.56	3.52	80.89	43.22	14.51*	0.00
2. ความ สามารถในการ รีดิวซ์และ ออกซิไดส์ (10)	2.46	1.32	24.60	7.93	1.97	79.30	54.70	16.38*	0.00
3. เซลล์กัล วานิกและเซลล์ ผลไม้(18)	4.30	2.09	23.89	11.54	2.87	64.11	40.22	16.64*	0.00
4. การแยกน้ำ ด้วยกระแส ไฟฟ้า (6)	2.82	1.23	47.00	4.27	1.15	71.17	24.17	7.11*	0.00
5. การชุบโลหะ ด้วยกระแส ไฟฟ้าและการ ป้องกันการผุ กร่อนด้วยวิธี แคโทดิก (8)	3.07	2.49	38.38	4.37	1.96	54.63	16.25	3.77*	0.00
รวม (60)	19.42	6.94	32.37	42.67	8.94	71.12	38.75	19.08*	0.00

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 (ค่า p 0.05)

จากตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละความเข้าใจโมติมากที่สุดในเรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (47.00) และต่ำที่สุดในเรื่อง เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ (23.89) ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อหาเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นเนื้อหาที่นักเรียนมีองค์ความรู้พื้นฐานมาก่อนบ้างแล้วประกอบกับการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นเนื้อหาที่นักเรียนพบได้ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในเรื่องที่เกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้ในด้านนี้ เช่น การนำมาหลักการมาประยุกต์ใช้ในเรื่อง พลังงานทดแทนเพื่อเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นเชื้อเพลิงไฮโดรเจนใช้ในรถยนต์ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้บางส่วน ในส่วนของเนื้อหาเรื่องเซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ที่นักเรียนมีคะแนนร้อยละต่ำที่สุดนั้น เป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนที่ยังไม่เคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน ยังไม่เคยรู้จักส่วนประกอบ หลักการของเซลล์กัลวานิก การคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกและความรู้ในเรื่องนี้จะต้องอาศัยมโนมติพื้นฐานในเนื้อหาปฏิกิริยารีดอกซ์มาช่วยอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นภายในเซลล์กัลวานิกนั่นเอง ทำให้นักเรียนมีคะแนนร้อยละมโนมติต่ำที่สุดเช่นเดียวกับเรื่องการเปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (24.60)

หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละของมโนมติหลังเรียนทุก เนื้อหาสูงกว่าร้อยละ 50 โดยมีคะแนนร้อยละของมโนมติหลังเรียนสูงที่สุดในเนื้อหาปฏิกิริยารีดอกซ์ และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (80.89) และต่ำที่สุด ในเนื้อหา การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการ ป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (54.63) ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมที่ 1 เรื่อง คู่ ไหน คู่กัน เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ นักเรียนได้เรียนรู้โดยการสืบเสาะเป็นกิจกรรมแรกทำให้นักเรียนยังไม่เข้าใจขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ครูจะคอยแนะนำ และกระตุ้นด้วยคำถาม ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความสนใจอยากเรียนรู้มากขึ้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างให้นักเรียนเข้าใจเพื่อเป็น แนวทางในการดำเนินตามกิจกรรมสืบเสาะต่อ ๆ ไป ดังภาพที่ 4.1

1. จากวิดีโอ เรื่อง Single Displacement Mg and HCl มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อปฏิกิริยา		
- ความเข้มข้น	- พื้นที่ผิว	- ชนิดของกรด
- ปริมาณ	- อุณหภูมิ	

2. สารละลายกรดผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร
- เกิดปฏิกิริยา เพราะถ้าเปลี่ยนชนิดของสารละลายจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นหรือช้าลงก็ได้

3. โลหะแต่ละชนิดจะให้อิเล็กตรอนได้เหมือนกับ Mg หรือไม่
- ไม่ เพราะทุกชนิดมีคุณสมบัติ แตกต่างกันไป เช่น ความไวที่แตกสลายกัน และคุณสมบัติทางเคมี จึงทำให้แตกต่างกัน

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างคำถามในขั้นสร้างความสนใจที่นักเรียนตอบในกิจกรรมที่ 1

อีกทั้งในส่วนเนื้อหาและกิจกรรมการทดลองไม่ยุ่งยากซับซ้อน ง่ายและเหมาะกับนักเรียน โดยภายในกิจกรรมนักเรียนจะมีการเลือกคู่โลหะและจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาดูว่าคู่ไหนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น จากนั้นก็นำผลมาสรุปผลการทดลองและอภิปราย เช่น ถ้านักเรียนนำโลหะ Zn จุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออน Zn^{2+} อยู่จะไม่เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนขึ้น เมื่อจุ่มโลหะ Zn ลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออน Cu^{2+} อยู่จะเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยโลหะเกิดการผุกร่อนและมีโลหะมาเกาะที่ผิวของโลหะ Zn และสารละลายเริ่มเปลี่ยนสีจางลงจากเดิม ส่งผลให้คะแนนร้อยละของมโนทัศน์ในเนื้อหาแรกมีค่ามากที่สุด ดังภาพที่ 4.2 และ 4.3

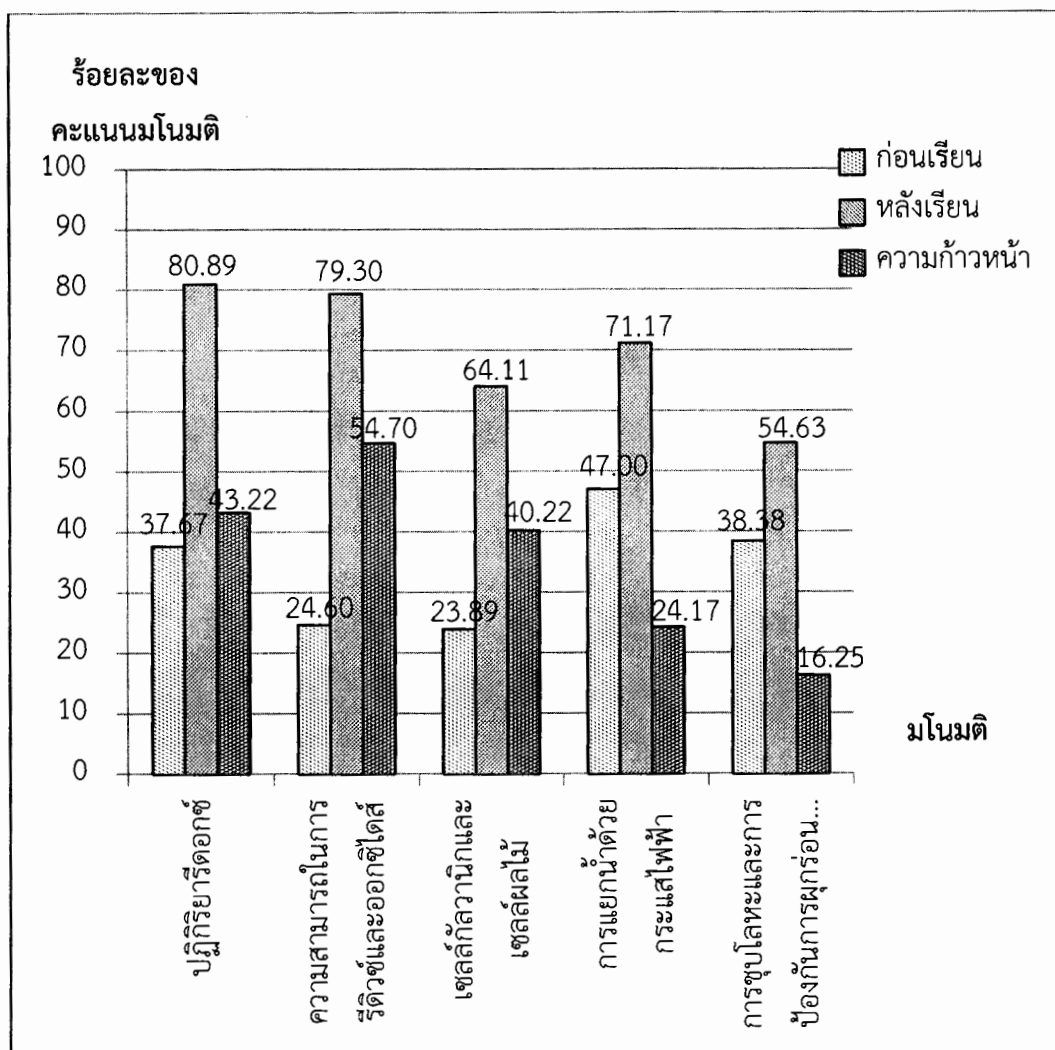
สรุปผลการทดลอง	นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
จากภาพทดลองที่ 1. ชุดที่มีท่อนเปลี่ยนแปลงคือ Zn ใน $FeSO_4$ → โลหะ Zn มีสีผิวขาวเคลือบสน สารละลายมีสีจางลง โลหะที่ผุกร่อน Cu ใน $CuSO_4$ } Zn ใน $ZnSO_4$ } ไม่เปลี่ยนสีของสารละลาย โลหะที่ผุกร่อน Cu ใน $ZnSO_4$ } ไม่เปลี่ยนสีของสารละลาย โลหะที่ผุกร่อน	

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างสรุปผลการทดลองกิจกรรมที่ 1 ที่นักเรียนได้ทำการทดลองสืบเสาะ

อภิปรายผล	นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้อง
จากผลการทดลองชุดที่ 1... หาค่าที่สภาวะเปลี่ยนสมดุลเกิดขึ้น	
Zn อยู่ใน CuSO ₄ วัตถุเปลี่ยนสีน้ำเงินเข้ม... สำหรับ E ⁺ ของ Zn... หมายความว่า Cu ²⁺ ... การทดลองจึงมี	
การเปลี่ยนเป็น... Zn... ซึ่งสภาวะสมดุลเกิดขึ้นที่ Zn... / Zn... จะกลายเป็น... Zn ²⁺ ... อยู่ในสารละลาย	
และ Cu ²⁺ ... จากสารละลาย... Cu... หมายความว่า Zn... ทำให้ Zn... ปล่อยอิเล็กตรอน... สารละลายจึงมีสีจางลง	
จึง... สมการที่ 1 คือ... $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$	
สมการที่ 2 คือ... $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างอภิปรายผลการทดลองกิจกรรมที่ 1 ที่นักเรียนได้ทำการทดลองสืบเสาะ

จากภาพที่ 4.2 และ 4.3 เห็นได้ว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องและสอดคล้องกับทฤษฎีซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนได้ทำการสืบเสาะจากการทดลองด้วยตนเองทำให้นักเรียนเห็นภาพจริง ส่งผลให้สามารถสรุปถึงผลที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้นักเรียนยังอภิปรายถึงผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองได้ด้วยว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร พร้อมทั้งนักเรียนสามารถเขียนแสดงสมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากผลการทดลองได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อคะแนนมโนคติในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอนเพิ่มสูงขึ้นได้ด้วย

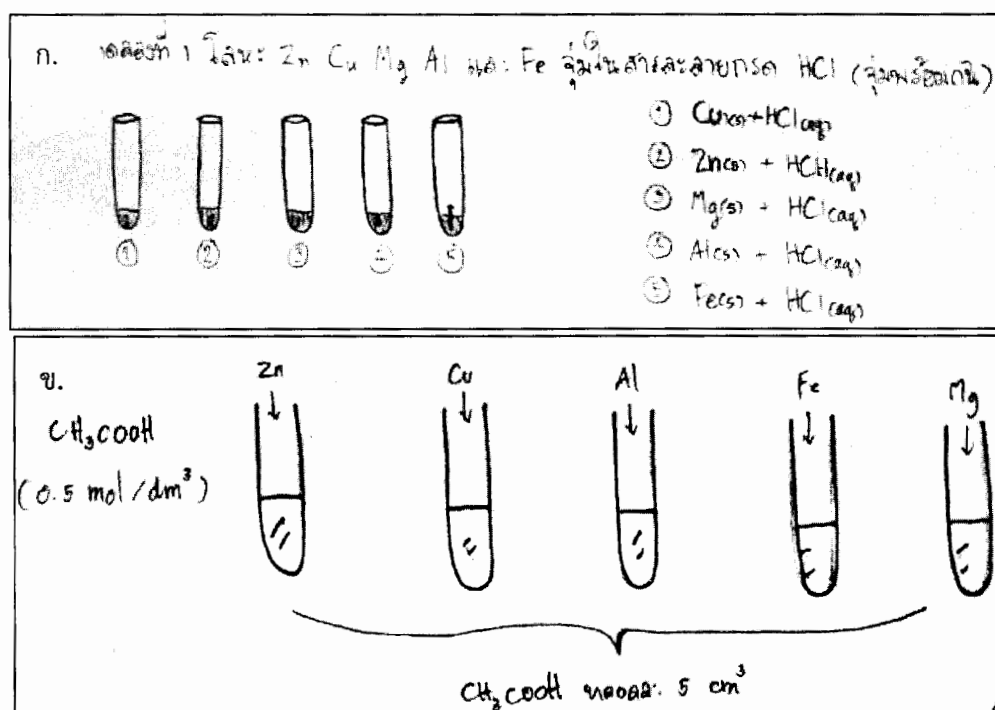


ภาพที่ 4.4 ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนติก่อนเรียน หลังเรียน และความก้าวหน้า เรื่องไฟฟ้าเคมี แยกตามเนื้อหา

จากการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิค POE ในชั้นขยายความรู้ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกเนื้อหา และในเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์และความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ที่มีร้อยละก้าวหน้าของคะแนนมโนतिक่อนข้างสูง ดังภาพที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า นักเรียนที่เรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ มีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนติก่อนเรียนต่ำกว่าหลังเรียนทุกเนื้อหา และมีคะแนนความเข้าใจมโนคติเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตามเมื่อนักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น และครูเพียงคอยแนะนำบ้าง ส่งผลให้มีคะแนนร้อยละของมโนคติมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ในส่วน

ของกิจกรรมการทดลองในมโนคติถัดไปจะต้องใช้มโนคติพื้นฐานเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เรียนมาก่อนหน้านี้ประกอบการอธิบายผลที่เกิดขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาร้อยละความก้าวหน้าจากคะแนนเต็มในแต่ละเนื้อหา พบว่า นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าสูงที่สุด ในเรื่อง ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (54.70) รองลงมาเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ (43.22) เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้มัน (40.22) การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (24.17) และการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนของโลหะด้วยวิธีแคโทดิก (16.25) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในกิจกรรมตัวรับตัวให้ (อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง การทดลองเห็นภาพชัดเจน ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน และในเนื้อหาไม่ยากจนเกินไป โดยการเปรียบเทียบแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาของโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น ลวดแมกนีเซียม ลวดทองแดง แผ่นสังกะสี ตะปูเหล็ก และแผ่นอะลูมิเนียม กับสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ กัน เช่น กรดอะซิติก และกรดไฮโดรคลอริก ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นและเกิดองค์ความรู้ใหม่จากประสบการณ์ตรงสามารถออกแบบการทดลอง สังเกตและบันทึกผลการทดลองที่เกิดขึ้น ทั้งยังสรุปผลและอภิปรายผลได้ด้วยตนเองมากขึ้น ดังภาพที่ 4.5 และ 4.6 และในการทดลองดังกล่าวนี้ นักเรียนเคยเรียนมาแล้วในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทำให้เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อีกครั้งและมีการทดลองจริงผ่านประสบการณ์การทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนขึ้นและมีความเข้าใจมโนคติเพิ่มสูงมากขึ้น รวมทั้งมีการแนะนำจากครูผู้สอนเป็นระยะไปด้วย ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจมโนคติในเรื่องนี้ได้ดี



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการออกแบบการทดลองของนักเรียน กลุ่มที่ 2 (ก) กลุ่มที่ 3 (ข)
ในกิจกรรมที่ 2 ตัวรับตัวให้(อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น

ลำดับที่	ชนิดสารละลายกรด	ชนิดโลหะ	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้		
			ชั้นโลหะ	การเกิดปฏิกิริยา	นักเรียนมีการใช้สัญลักษณ์แทนผลการทดลองที่เกิดขึ้น
1	HCl	Cu(s)	-	-	
2		Zn(s)	มีสารสีดำเกาะ	+++	-
3		Mg(s)	มีสารสีดำเกาะที่ผิวโลหะ	++++	

ภาพที่ 4.6 การออกแบบและบันทึกผลการทดลองของนักเรียนในกิจกรรมที่ 2 ตัวรับตัวให้(อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น

จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะด้วยตนเองมากขึ้นและครูคอยแนะนำบ้างจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้นมีการออกแบบและบันทึกผลการทดลองที่แตกต่างกันไป ซึ่งการเรียนรู้โดยครูเป็นผู้คอยแนะนำและกระตุ้นตลอดเวลาจะทำให้ได้ผลการทดลองและการดำเนินการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ มากขึ้น

ตอนที่ 2
เมื่อนำโลหะอะลูมิเนียมสองชนิด คือ กระป๋องปลา กระป๋องน้ำผลไม้ มาทดลอง โดยจุ่มลงในกรด
น้ำมะนาว ผลที่เกิดขึ้นนักเรียนคิดว่าเป็นอย่างไรร

กระป๋องปลา

น้ำมะนาว

กระป๋องน้ำผลไม้

น้ำมะนาว

ผลจากการทำนาย
ตอนที่ 1 ตอนที่ 3 ตอนที่ 4 ตอนที่ 5 ตอนที่ 6 ตอนที่ 7 ตอนที่ 8 ตอนที่ 9 ตอนที่ 10 ตอนที่ 11 ตอนที่ 12 ตอนที่ 13 ตอนที่ 14 ตอนที่ 15 ตอนที่ 16 ตอนที่ 17 ตอนที่ 18 ตอนที่ 19 ตอนที่ 20 ตอนที่ 21 ตอนที่ 22 ตอนที่ 23 ตอนที่ 24 ตอนที่ 25 ตอนที่ 26 ตอนที่ 27 ตอนที่ 28 ตอนที่ 29 ตอนที่ 30 ตอนที่ 31 ตอนที่ 32 ตอนที่ 33 ตอนที่ 34 ตอนที่ 35 ตอนที่ 36 ตอนที่ 37 ตอนที่ 38 ตอนที่ 39 ตอนที่ 40 ตอนที่ 41 ตอนที่ 42 ตอนที่ 43 ตอนที่ 44 ตอนที่ 45 ตอนที่ 46 ตอนที่ 47 ตอนที่ 48 ตอนที่ 49 ตอนที่ 50 ตอนที่ 51 ตอนที่ 52 ตอนที่ 53 ตอนที่ 54 ตอนที่ 55 ตอนที่ 56 ตอนที่ 57 ตอนที่ 58 ตอนที่ 59 ตอนที่ 60 ตอนที่ 61 ตอนที่ 62 ตอนที่ 63 ตอนที่ 64 ตอนที่ 65 ตอนที่ 66 ตอนที่ 67 ตอนที่ 68 ตอนที่ 69 ตอนที่ 70 ตอนที่ 71 ตอนที่ 72 ตอนที่ 73 ตอนที่ 74 ตอนที่ 75 ตอนที่ 76 ตอนที่ 77 ตอนที่ 78 ตอนที่ 79 ตอนที่ 80 ตอนที่ 81 ตอนที่ 82 ตอนที่ 83 ตอนที่ 84 ตอนที่ 85 ตอนที่ 86 ตอนที่ 87 ตอนที่ 88 ตอนที่ 89 ตอนที่ 90 ตอนที่ 91 ตอนที่ 92 ตอนที่ 93 ตอนที่ 94 ตอนที่ 95 ตอนที่ 96 ตอนที่ 97 ตอนที่ 98 ตอนที่ 99 ตอนที่ 100

ผลจากการสังเกต
ตอนที่ 1 ตอนที่ 2 ตอนที่ 3 ตอนที่ 4 ตอนที่ 5 ตอนที่ 6 ตอนที่ 7 ตอนที่ 8 ตอนที่ 9 ตอนที่ 10 ตอนที่ 11 ตอนที่ 12 ตอนที่ 13 ตอนที่ 14 ตอนที่ 15 ตอนที่ 16 ตอนที่ 17 ตอนที่ 18 ตอนที่ 19 ตอนที่ 20 ตอนที่ 21 ตอนที่ 22 ตอนที่ 23 ตอนที่ 24 ตอนที่ 25 ตอนที่ 26 ตอนที่ 27 ตอนที่ 28 ตอนที่ 29 ตอนที่ 30 ตอนที่ 31 ตอนที่ 32 ตอนที่ 33 ตอนที่ 34 ตอนที่ 35 ตอนที่ 36 ตอนที่ 37 ตอนที่ 38 ตอนที่ 39 ตอนที่ 40 ตอนที่ 41 ตอนที่ 42 ตอนที่ 43 ตอนที่ 44 ตอนที่ 45 ตอนที่ 46 ตอนที่ 47 ตอนที่ 48 ตอนที่ 49 ตอนที่ 50 ตอนที่ 51 ตอนที่ 52 ตอนที่ 53 ตอนที่ 54 ตอนที่ 55 ตอนที่ 56 ตอนที่ 57 ตอนที่ 58 ตอนที่ 59 ตอนที่ 60 ตอนที่ 61 ตอนที่ 62 ตอนที่ 63 ตอนที่ 64 ตอนที่ 65 ตอนที่ 66 ตอนที่ 67 ตอนที่ 68 ตอนที่ 69 ตอนที่ 70 ตอนที่ 71 ตอนที่ 72 ตอนที่ 73 ตอนที่ 74 ตอนที่ 75 ตอนที่ 76 ตอนที่ 77 ตอนที่ 78 ตอนที่ 79 ตอนที่ 80 ตอนที่ 81 ตอนที่ 82 ตอนที่ 83 ตอนที่ 84 ตอนที่ 85 ตอนที่ 86 ตอนที่ 87 ตอนที่ 88 ตอนที่ 89 ตอนที่ 90 ตอนที่ 91 ตอนที่ 92 ตอนที่ 93 ตอนที่ 94 ตอนที่ 95 ตอนที่ 96 ตอนที่ 97 ตอนที่ 98 ตอนที่ 99 ตอนที่ 100

นักเรียนมีการอธิบายผลการสังเกตที่แตกต่างจากการทำนาย และอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากการทดลอง

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างผลจากการทำกิจกรรม POE ในชั้นขยายความรู้ของนักเรียน

อีกทั้ง การจัดกิจกรรม POE ในชั้นขยายความรู้ดังภาพที่ 4.7 ที่เป็นกิจกรรมการทดลองเล็ก ๆ ที่เสริมความรู้และทดสอบความเข้าใจทำให้มีการขยายองค์ความรู้เพิ่มเติมจากเดิม ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอน โดยการนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นนักเรียนทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวโดยให้นักเรียนลงมือทดลอง เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูได้สร้างขึ้นและขั้นสุดท้ายนักเรียนอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ (น้าค้าง จันเสริม, 2551) ซึ่งจากการทำกิจกรรมนักเรียนอธิบายได้ว่าผลที่เกิดขึ้นทำไมจึงแตกต่างหรือเหมือนกันกับผลการสังเกตการทดลองทำให้เกิดองค์ความรู้และเกิดมโนคติที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้กิจกรรมดังกล่าวยังเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจ ให้นักเรียนเกิดคำถามในใจ อยากรู้คำตอบที่คาบคเนไวและดำเนินการสำรวจเพื่อหาคำตอบตามกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามในเนื้อหาเรื่องเซลล์กัลวานิกที่เน้นการประยุกต์เอาความรู้ที่เรียนมาก่อนในเรื่องแรก ๆ นำไปใช้และวิเคราะห์ในกิจกรรมทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิก โดยนักเรียนต้องออกแบบต่อเซลล์กัลวานิกอย่างง่าย และการนำผลไม้ในท้องถิ่นมาสร้างเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีอย่างง่าย ทำให้การทำ

กิจกรรมต้องอาศัยพื้นฐานหลายเรื่องมาประกอบการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นการเขียนแผนภาพของเซลล์ กัลวานิกที่เกิดขึ้น การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ส่งผลทำให้คะแนนมโนมติลดลงได้ ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากมโนมติต่าง ๆ ในวิชาเคมีมักจะเกี่ยวเนื่องกันและกัน โดยเฉพาะความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน และความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์เป็นมโนมติที่เรียนก่อนและจะเป็นพื้นฐานของมโนมติในเรื่องที่เรียนถัดไป (วรารณ ธีรศิริ, 2532) นอกจากนี้นักเรียนยังมีการพัฒนาความรู้ในระดับการนำไปประยุกต์ใช้ค่อนข้างน้อย ดังจะเห็นได้จากในเนื้อหาเรื่อง การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า (54.63) และเรื่องการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (16.25) ที่นักเรียนมีร้อยละคะแนนมโนมติหลังเรียนและร้อยละความก้าวหน้าต่ำที่สุด

4.1.3 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ในภาพรวมทั้งชั้นเรียน

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนตามการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ ในภาพรวม สามารถจำแนกได้เป็นมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ภาพรวมทั้งชั้นเรียน (ข้อสอบ 30 ข้อ นักเรียน 45 คน)

คะแนน	N	จำนวนข้อสอบ	มโนมติ			
			ไม่ตอบ	ผิด	คลาดเคลื่อน	ถูกต้อง
ก่อนเรียน	45	30	24.37	21.04	45.48	9.11
หลังเรียน	45	30	3.41	9.11	37.63	49.85

จากตารางที่ 4.3 จากผลการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกเป็นมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ มีค่าเท่ากับ 9.11, 45.48, 21.41 และ 24.37 ตามลำดับ และหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ มีค่าเท่ากับ 49.85, 37.63, 9.11 และ 3.14 ตามลำดับ

4.1.4 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามเนื้อหา

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนตามการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-

อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ โดยมีการจำแนกตามเนื้อหา สามารถจำแนกได้เป็นมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ ดังตารางที่ 4.4

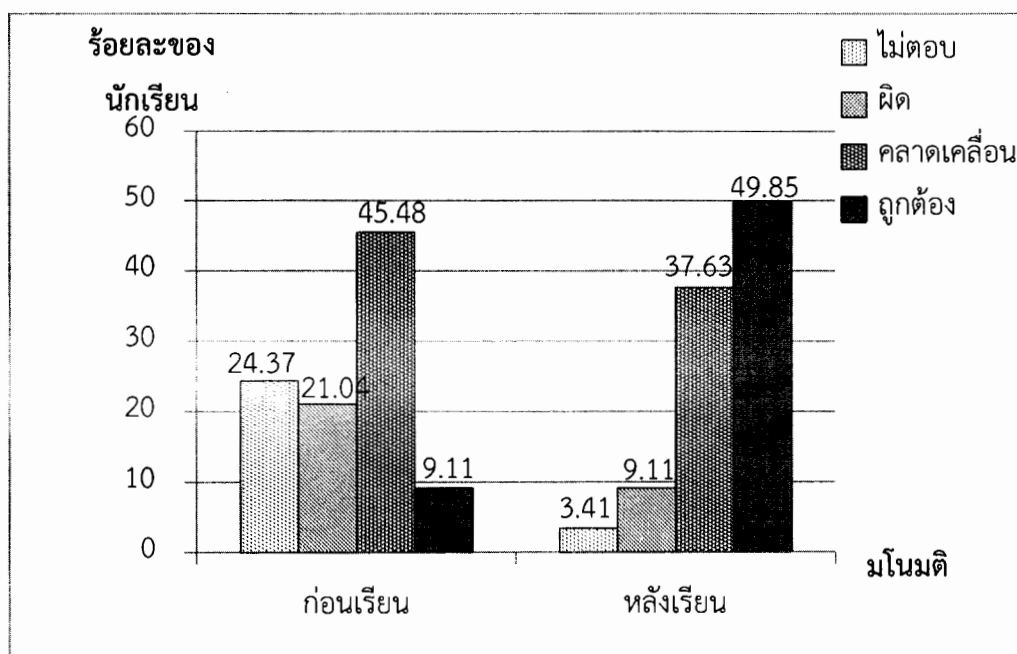
ตารางที่ 4.4 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ
ในเรื่องไฟฟ้าเคมี จำแนกตามเนื้อหา (ข้อสอบ 30 ข้อ นักเรียน 45 คน)

เนื้อหา (จำนวนข้อ)	ก่อนเรียน				หลังเรียน			
	ไม่ตอบ	ผิด	คลาด เคลื่อน	ถูกต้อง	ไม่ตอบ	ผิด	คลาด เคลื่อน	ถูกต้อง
1. ปฏิกิริยา รีดอกซ์ และ การถ่ายโอน อิเล็กตรอน (9)	18.27	20.00	51.11	10.62	0.99	8.64	24.20	66.17
2. ความสามารถ ในการรีดิวซ์และ ออกซิไดส์ (5)	30.67	24.89	39.56	4.89	0.00	8.89	24.89	66.22
3. เซลล์กัลวานิก และเซลล์ผลไม้ม (9)	33.58	20.00	44.94	1.48	5.93	6.91	52.35	34.81
4. การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (3)	8.15	20.74	48.89	22.22	3.70	2.96	47.41	45.93
5. การชุบโลหะ ด้วยกระแส ไฟฟ้าและการ ป้องกันการ ผุกร่อนด้วยวิธี แคโทดิก (4)	21.67	21.11	38.89	18.33	7.22	20.00	43.33	29.44
ภาพรวม (30)	24.37	21.04	45.48	9.11	3.41	9.11	37.63	49.85

จากตารางที่ 4.4 เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของมโนคติก่อนเรียนและหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ จำแนกตามเนื้อหา พบว่า เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกเนื้อหา โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่

มีขอมโนมติถูกต้องในเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก มีค่าร้อยละเท่ากับ 10.62, 4.489, 1.48, 22.22 และ 18.33 ตามลำดับ และเมื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง ในเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก มีค่าร้อยละเท่ากับ 66.17, 66.22, 34.81, 45.93 และ 29.44 ตามลำดับ

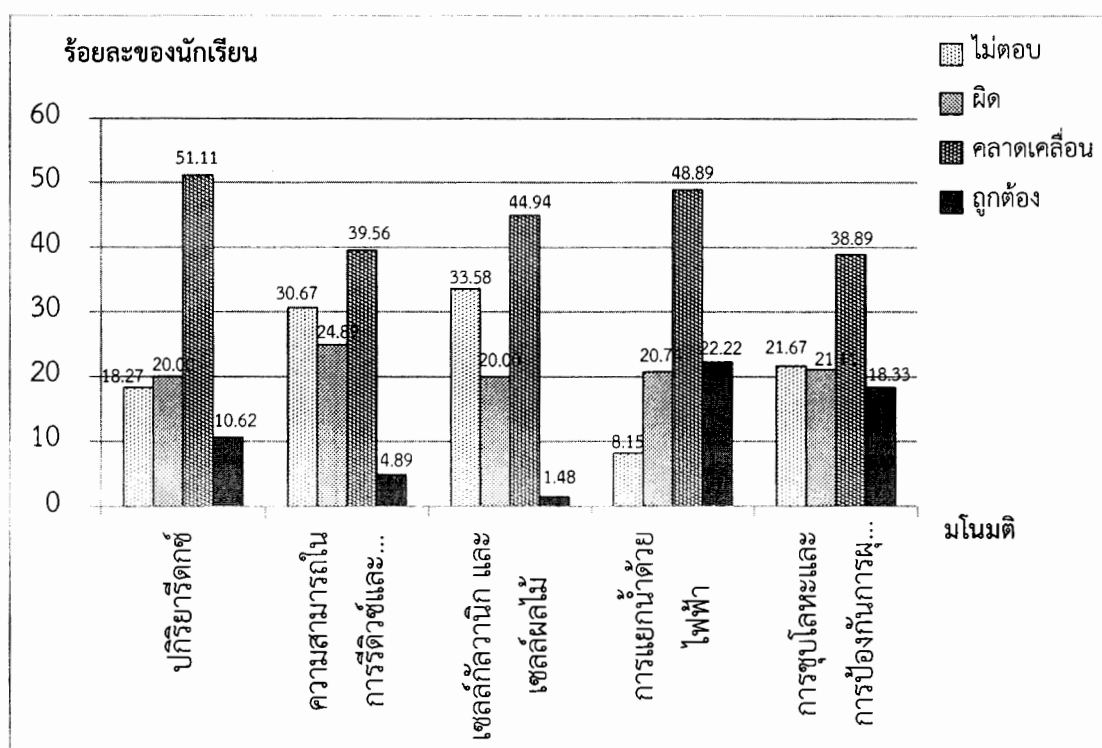
เมื่อพิจารณาในภาพรวมทุกเนื้อหา พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ นั้น มีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบนั้นลดลงทั้งหมด ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ นั้นสามารถพัฒนามโนมติถูกต้องของนักเรียนในเรื่องไฟฟ้าเคมีให้สูงขึ้นได้ และยังสามารถปรับเปลี่ยนมโนมติจากมโนมติคลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบให้ลดลงได้ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ ที่สามารถพัฒนามโนมติให้สูงขึ้น และแก้ไขมโนมติที่ไม่ถูกต้องได้ ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนและหลังเรียน

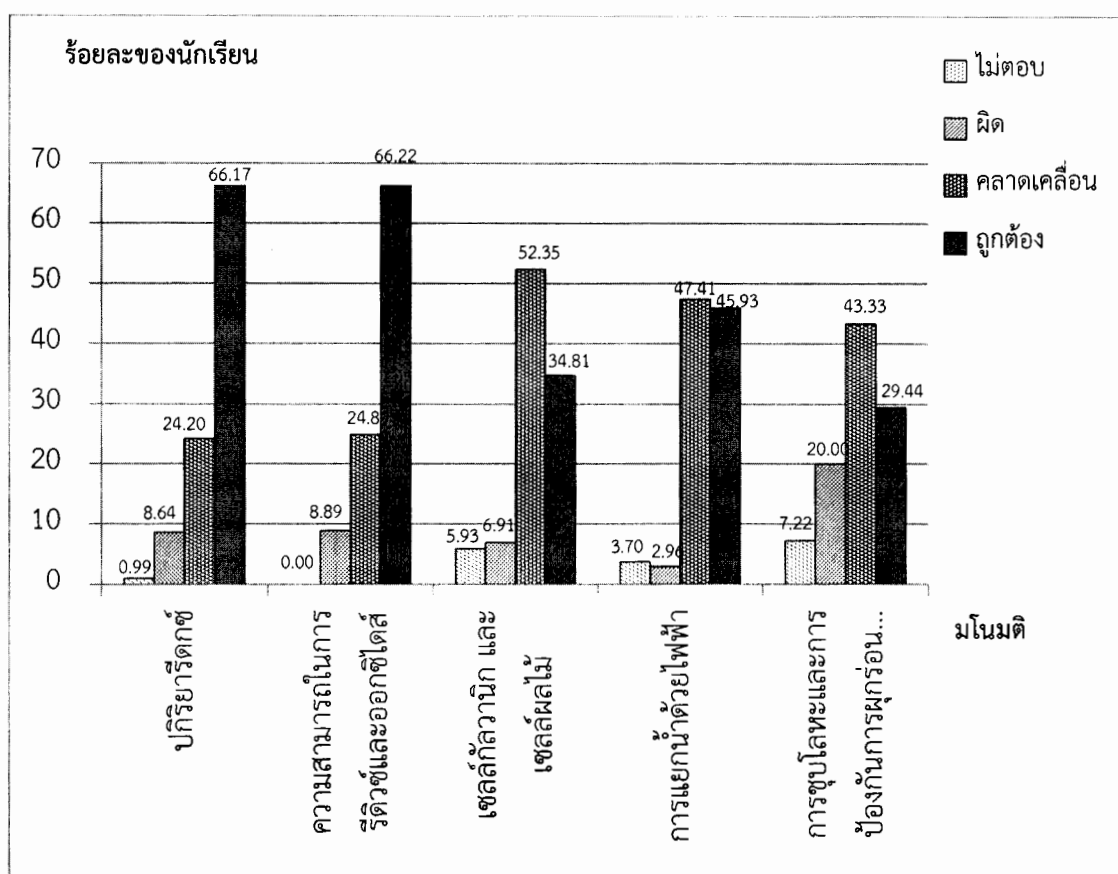
จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า มีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติถูกต้องหลังเรียน (49.85) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน (9.11) โดยเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 40.74 และเมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ผิดและไม่ตอบรวมกันก่อนเรียนมีค่าร้อยละ 45.41 และหลังดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ลดลงเหลือร้อยละ 12.52 ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้สามารถปรับเปลี่ยนมโนคติที่ผิดให้ลดลงและมีส่วนให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบและได้คะแนนเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าเคมี โดยก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 45.48 และหลังเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนลดลง คิดเป็นร้อยละ 37.63

เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนและหลังเรียน จำแนกตามเนื้อหาย่อย ดังภาพที่ 4.9 และ 4.10



ภาพที่ 4.9 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียน จำแนกตามเนื้อหา

จากภาพที่ 4.9 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียน เมื่อจำแนกตามเนื้อหาย่อย เห็นได้ว่าร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง มากที่สุดในเรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (22.22) และต่ำที่สุดในเรื่อง เซลล์กัลวานิกและเซลล์ ผลไม้ม (1.48) นักเรียนมีมโนคติผิดในทุกเนื้อหา มากกว่าร้อยละ 20 และมีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติผิดที่ไม่ตอบมากที่สุดในเรื่องเซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม (33.58) และต่ำที่สุดในเรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (8.15) ส่วนมโนติคลาดเคลื่อนมีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนติคลาดเคลื่อน มากกว่าร้อยละ 40 ในเนื้อหาเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม และการแยกน้ำด้วย กระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 4.10 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.10 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิดและไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียน เมื่อจำแนกตามเนื้อหาย่อย พบว่าร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ใน 2 เนื้อหา คือในเนื้อหา เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ (66.17) และความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (66.22) และมีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติถูกต้องต่ำที่สุดในเนื้อหา การชุบโลหะและการป้องกันการผุกร่อนโลหะด้วยวิธีแคโทดิก (29.44) นอกจากนี้ในส่วนมโนคติคลาดเคลื่อนยังพบว่ามีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติคลาดเคลื่อนอยู่มากในเนื้อหา เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า และการชุบโลหะและการป้องกันการผุกร่อนโลหะด้วยวิธีแคโทดิก

โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร้อยละของนักเรียนมีมโนคติผิดและไม่ตอบรวมกันมากกว่ามโนคติถูกต้องในทุกเนื้อหา แต่หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่าร้อยละของนักเรียนมีมโนคติถูกต้องเพิ่มสูงขึ้นและมโนคติผิดและไม่ตอบลดลง เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนมีมโนคติถูกต้องก่อนและหลังเรียน พบว่าร้อยละของนักเรียนมีมโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกเนื้อหา ซึ่งจากผลการ

วิเคราะห์สะท้อนให้เห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจโมเดลให้สูงขึ้นได้ สอดคล้องกับ Supasorn and Promarak (2015) โดยทำให้โมเดลที่ผิด และไม่ตอบของนักเรียน ลดลง และโมเดลถูกต้องเพิ่มสูงขึ้นได้ โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนคติผิดไปสู่โมเดลที่ คลาดเคลื่อนและถูกต้อง และมโนคติที่คลาดเคลื่อนไปสู่โมเดลถูกต้อง ดังภาพที่ 4.11

ก. จากการทดลองข้างต้น ชุดการทดลองใดบ้างที่จะเกิดปฏิกิริยาหรือมีการเปลี่ยนแปลง				นักเรียนยังเข้าใจ คลาดเคลื่อน	ได้ 0.5 คะแนน
ก. ชุดที่ 1 เท่านั้น	ข. ชุดที่ 2 เท่านั้น				
ค. ชุดที่ 1 และ 3	ง. ชุดที่ 1 2 และ 3				
เหตุผลที่ตอบ เพราะ ในการเกิดปฏิกิริยามีขดลวดจาก F° Zn (ข) มี F° น้อยกว่า Cu^{2+} จึงเกิดปฏิกิริยา Cu (ค) มี F° น้อยกว่า Zn^{2+} จึงเกิดปฏิกิริยา				0.5	

ข. จากการทดลองข้างต้น ชุดการทดลองใดบ้างที่จะเกิดปฏิกิริยาหรือมีการเปลี่ยนแปลง				มโนคติถูกต้อง ถูกทั้ง 2 ลำดับชั้น ได้ 2 คะแนน	
ก. ชุดที่ 1 เท่านั้น	ข. ชุดที่ 2 เท่านั้น				
ค. ชุดที่ 3 เท่านั้น	ง. ชุดที่ 1 และ 3				
เหตุผลที่ตอบ เพราะ Zn (ข) มี F° น้อยกว่าสารละลาย จึงเกิดปฏิกิริยา (ปฏิกิริยาใน Cu ไม่สามารถสังเกต)					

ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนคติ
คลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่โมเดลที่ถูกต้อง (ข)

จากการตอบคำถามในเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ในชั้นความเข้าใจ โดยสมมติสถานการณ์การทดลองขึ้นมาแล้วให้นักเรียนเลือกตอบว่าชุดการทดลองใดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่าในคำตอบก่อนเรียนของลำดับชั้นที่ 1 นักเรียนจะเลือกตอบในข้อที่ ค ซึ่งมีความแตกต่างของโลหะที่จุ่มกับไอออนของโลหะในสารละลาย ซึ่งนักเรียนคิดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น เมื่ออธิบายถึงเหตุผลที่ตอบนักเรียนจะยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและคิดว่าการถ่ายโอนจะเกิดขึ้นเมื่อใช้โลหะจุ่มลงไปในสารละลายไอออนที่มีโลหะต่างชนิดกัน โดยคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 0.5 คะแนน โดยเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน และหลังจากได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลในเรื่องของปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้นเป็นมโนคติถูกต้องมีคะแนนเท่ากับ 2 คะแนน โดยนักเรียนตอบถูกต้องตัวเลือกลำดับที่ 1 และเหตุผลในลำดับชั้นที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ นั้น มี

ประสิทธิภาพในการแก้ไขโมเมนต์คลาดเคลื่อนไปสู่โมเมนต์ที่ถูกต้องได้ นอกจากนี้ยังแก้ไขโมเมนต์ที่ผิดให้เป็นโมเมนต์ที่ถูกต้องได้ดังภาพที่ 4.12

ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น		
ก. โลหะ X เกิดการผุกร่อน	ข. มีสาร Y มาเกาะที่โลหะ X	ได้ 0 คะแนน
ค. สารละลายมีสีเข้มขึ้น	ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น	
เหตุผลที่ตอบ เพราะ โลหะ X มีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่าโลหะ Y จึงเกิดปฏิกิริยา		
นักเรียนตอบตัวเลือกในลำดับขั้นที่ 1 ถูก และการให้เหตุผลไม่ผิด		
ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น		
ก. โลหะ X เกิดการผุกร่อน	ข. มีสาร Y มาเกาะที่โลหะ X	ได้ 2 คะแนน
ค. สารละลายมีสีเข้มขึ้น	ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น	
เหตุผลที่ตอบ เพราะ โลหะ X มีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่าโลหะ Y จึงเกิดปฏิกิริยา		
นักเรียนตอบตัวเลือกในลำดับขั้นที่ 1 ถูก และการให้เหตุผลไม่ผิด		

ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เปลี่ยนแปลงจากโมเมนต์ผิด (ก) ไปสู่โมเมนต์ที่ถูกต้อง (ข)

จากภาพที่ 4.12 นักเรียนสามารถแก้ไขโมเมนต์ที่ผิดให้เป็นโมเมนต์ที่ถูกต้องได้ ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนมีโอกาสและมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยมีการกระตุ้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์จากครูผู้สอนให้นักเรียนเกิดความสงสัยและค้นหาคำตอบโดยผ่านการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะ 5 ขั้น และส่วนของคะแนนการอธิบายคำตอบหลังจากเรียนก็เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนทำให้ร้อยละของนักเรียนที่มีโมเมนต์ถูกต้องเพิ่มขึ้นด้วย (Supasorn, 2015)

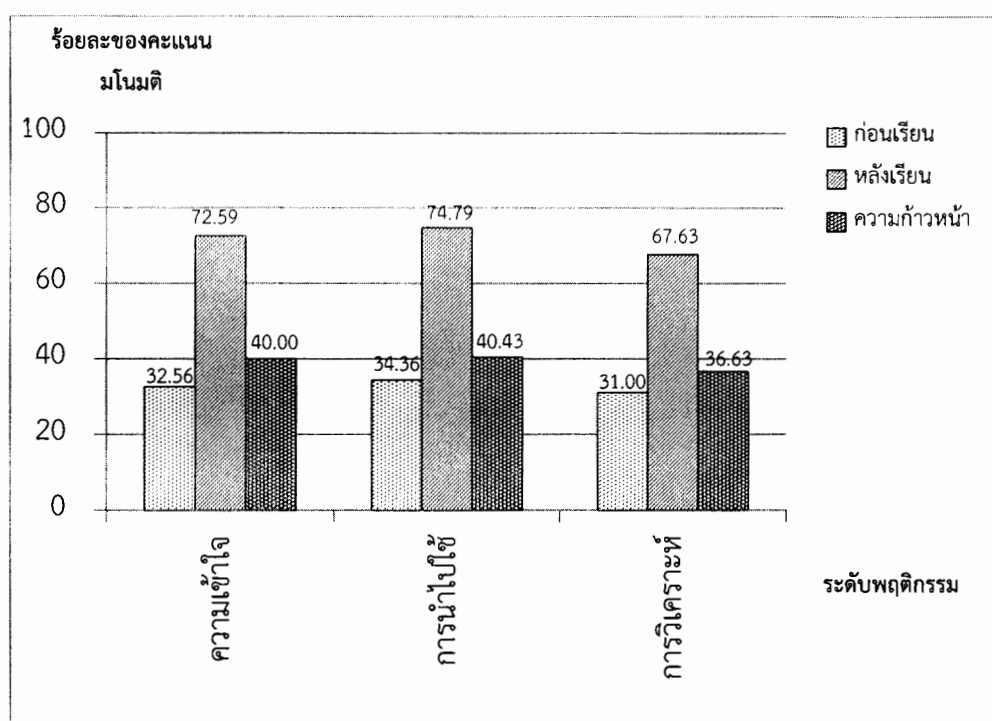
4.1.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโมเมนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน

ตารางที่ 4.5 คะแนนความเข้าใจมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม

ระดับ พฤติกรรม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ร้อยละ ก้าวหน้า	T-test*	
	Mean	SD	ร้อยละ	Mean	SD	ร้อยละ		t	p
ความเข้าใจ (22)	7.17	3.05	32.59	15.97	3.70	72.59	40.00	16.04*	0.00
การนำไปใช้ (14)	4.81	2.18	34.36	10.47	2.71	74.79	40.43	13.41*	0.00
การวิเคราะห์ (24)	7.44	2.91	31.00	16.23	3.62	67.63	36.63	17.15*	0.00
รวม	19.42	6.94	32.37	42.67	8.94	71.12	38.75	19.08*	0.00

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่น p 0.05

จากตารางที่ 4.5 พบว่า จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกระดับพฤติกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนร้อยละของมโนติในระดับพฤติกรรมด้านความเข้าใจ นำไปใช้ และการวิเคราะห์ คิดเป็นร้อยละ 32.59, 34.36 และ 31.10 ตามลำดับ หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนร้อยละของมโนติในระดับพฤติกรรมด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ เพิ่มขึ้นจากเดิม เป็นร้อยละ 72.59, 74.79 และ 67.63 ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นร้อยละความก้าวหน้าจากคะแนนเต็มแต่ละระดับพฤติกรรม พบว่า นักเรียนมีร้อยละของความก้าวหน้ามากที่สุด คือ การนำไปใช้ (40.43) รองลงมา คือ ความเข้าใจ (40.00) และการวิเคราะห์ (36.63) ตามลำดับ



ภาพที่ 4.13 ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนติก่อนเรียน หลังเรียน และความก้าวหน้า
เรื่องไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม

จากภาพที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนติก่อนเรียนต่ำกว่าหลังเรียนอย่างเห็นได้ชัด เมื่อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ โดยเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้แล้วนั้น ทำให้นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนติเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันในทุกะดับพฤติกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องไฟฟ้าเคมีเมื่อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ และสอดคล้องกับ วิชัย ลาริ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2556)

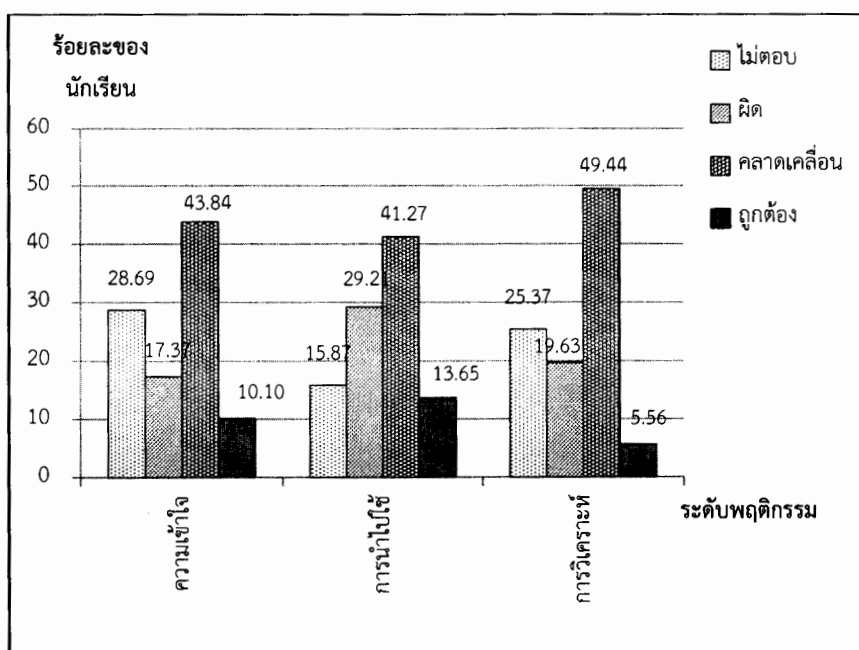
4.1.6 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนติก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนตามการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ จำแนกตามระดับพฤติกรรม สามารถจำแนกได้เป็นมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี
จำแนกตามระดับพฤติกรรม (ข้อสอบ 30 ข้อ นักเรียน 45 คน)

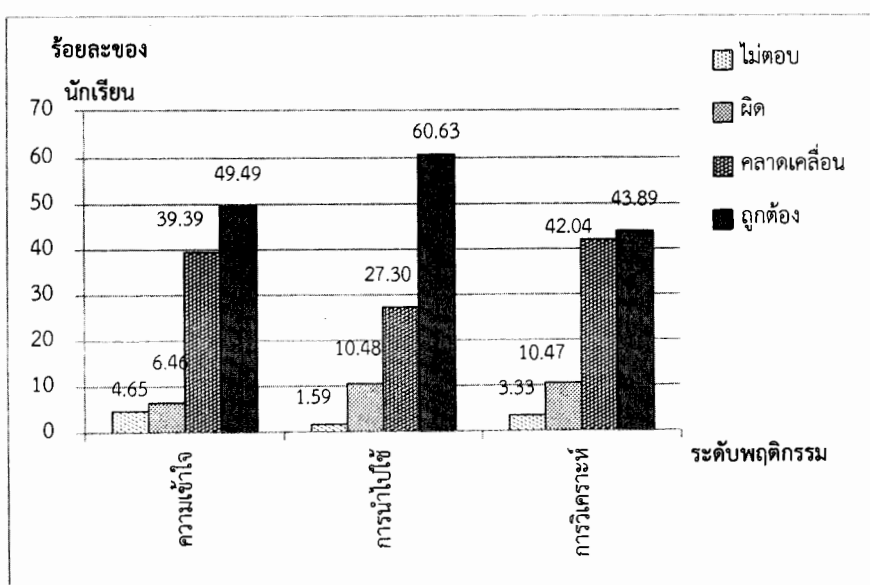
ระดับ พฤติกรรม (จำนวนข้อ)	ก่อนเรียน				หลังเรียน			
	ไม่ตอบ	ผิด	คลาด เคลื่อน	ถูกต้อง	ไม่ตอบ	ผิด	คลาด เคลื่อน	ถูกต้อง
ความเข้าใจ (11)	28.69	17.37	43.84	10.10	4.65	6.46	39.39	49.49
การนำไปใช้ (7)	15.87	29.21	41.27	13.65	1.59	10.48	27.30	60.63
การวิเคราะห์ (12)	25.37	19.63	49.44	5.56	3.33	10.47	42.04	43.89
ภาพรวม (30)	24.37	21.04	45.48	9.11	3.41	9.11	37.63	49.85

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของมโนติก่อนเรียนและหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สามารถจำแนกเป็นมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ จำแนกตามระดับพฤติกรรม ในภาพรวม พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เท่ากับ 9.11, 45.48, 21.04 และ 24.37 ตามลำดับ และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เท่ากับ 49.85, 37.63, 9.11 และ 3.41 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร้อยละของมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมีก่อนเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4.14 พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนติที่ถูกต้องค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าร้อยละที่สูงที่สุด คือ ระดับพฤติกรรมการนำไปใช้ รองลงมา การวิเคราะห์ และความเข้าใจ คิดเป็นร้อยละ 13.65, 10.10 และ 5.56 ตามลำดับ และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนติคลาดเคลื่อนในระดับความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์มีจำนวนร้อยละของนักเรียนค่อนข้างมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมโนติอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนก่อนเรียนในมโนติผิด และไม่ตอบอยู่ในจำนวนที่มากกว่าร้อยละมโนติถูกต้องทั้งในระดับพฤติกรรมความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ นอกจากนี้ในมโนติที่ไม่ตอบคือนักเรียนไม่เขียนตอบอธิบายเหตุผลในข้อสอบลำดับขั้นที่ 2 คิดเป็นร้อยละของนักเรียนที่ไม่ตอบมากที่สุด คือ ระดับความเข้าใจ การวิเคราะห์ และการนำไปใช้ ร้อยละ 28.69, 25.37 และ 15.87 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.14 ร้อยละของมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม

เมื่อพิจารณาร้อยละของมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมีก่อนเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ หลังเรียน ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4.15

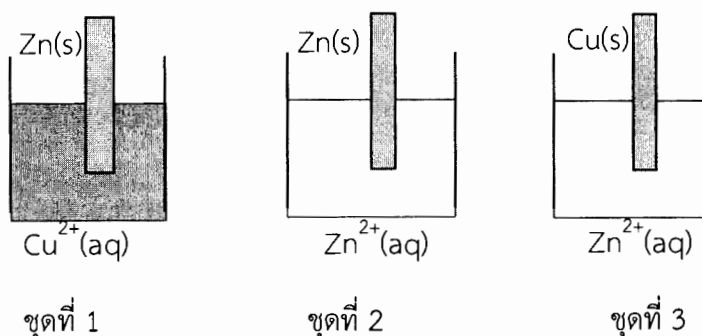


ภาพที่ 4.15 ร้อยละของมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียน จำแนกตามระดับพฤติกรรม

จากภาพที่ 4.15 ร้อยละของมโนคติถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบก่อนเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรมความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ พบว่า ร้อยละของ นักเรียนที่มีมโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าร้อยละที่สูงสุด คือ ระดับ พฤติกรรมการนำไปใช้ รองลงมา ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ คิดเป็นร้อยละ 60.63, 49.49 และ 43.89 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับ เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้สามารถปรับเปลี่ยนมโนคติและพัฒนามโนคติให้สูงขึ้น และยังลดจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติคลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบในชั้นความเข้าใจ การ นำไปใช้ และการวิเคราะห์ให้มีจำนวนลดลงได้ และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียน ก่อนเรียนในมโนคติคลาดเคลื่อนทั้งในชั้นความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์จะเห็นว่ามโนคติ ของนักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนอยู่ในจำนวนมาก โดยมีมากที่สุดในการวิเคราะห์ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ตามลำดับ

4.1.7 ผลการวัดความเข้าใจมโนคติของนักเรียนจากแบบทดสอบแต่ละเนื้อหาเพิ่มเติม

ตัวอย่างข้อสอบ (ความเข้าใจ) จากสถานการณ์การทดลองต่อไปนี้



จากการทดลองข้างต้น ชุดการทดลองใดบ้างที่จะเกิดปฏิกิริยาหรือมีการเปลี่ยนแปลง

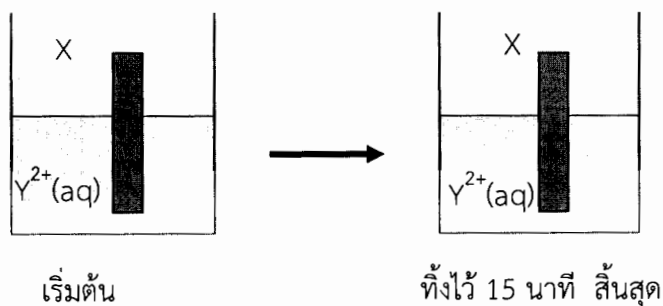
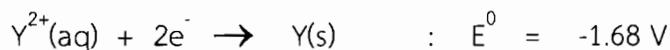
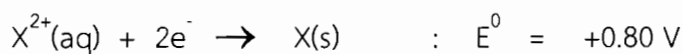
- | | |
|----------------------|----------------------|
| ก. ชุดที่ 1 เท่านั้น | ข. ชุดที่ 2 เท่านั้น |
| ค. ชุดที่ 3 เท่านั้น | ง. ชุดที่ 1 และ 3 |

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

ถ่ายโอนอิเล็กตรอนและคิดว่าการถ่ายโอนจะเกิดขึ้นเมื่อใช้โลหะจุ่มลงไปในสารละลายไอออนที่มีโลหะต่างชนิดกัน โดยคะแนนก่อนเรียนของทั้งสองเท่ากับ 0.5 คะแนน และเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจโน้มนำในเรื่องของปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้นเป็นมโนคติถูกต้องมีคะแนนเท่ากับ 2 คะแนน โดยนักเรียนทั้งสองคนตอบถูกทั้งตัวเลือกลำดับที่ 1 และเหตุผลในลำดับขั้นที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าการเรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้นั้นมีประสิทธิภาพในการแก้ไขมโนคติที่ผิดและคลาดเคลื่อนสามารถเพิ่มความเข้าใจโน้มนำวิทยาศาสตร์ได้ดี และเมื่อพิจารณานักเรียนทั้งหมดในการทำข้อสอบหลังเรียนข้อนี้ พบว่า ในตัวเลือกลำดับขั้นที่ 1 มีนักเรียนตอบถูกจำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 91.11 ส่วนในลำดับขั้นที่ 2 มีนักเรียนตอบได้คะแนน 1, 0.5 และ 0 คะแนน จำนวน 22, 18 และ 5 คน ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 48.88, 40 และ 1.00 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีโอกาสมิ่จะมีมโนคติที่เพิ่มขึ้นจากมโนคติที่ผิด และไม่ตอบไปเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนและถูกต้องได้

ตัวอย่างข้อสอบ (การวิเคราะห์) จากการทดลองเมื่อจุ่มโลหะ X ลงในสารละลาย YSO_4 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 15 นาที ดังรูป

กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันให้ดังนี้



ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น

- ก. โลหะ X เกิดการผุกร่อน ข. มีสาร Y มาเกาะที่โลหะ X
ค. เกิดสาร Y ขึ้นและตกตะกอน ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

เหตุผลที่ตอบ เพราะ.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนเหตุผล เต็ม 1 คะแนน

คะแนน	เหตุผลที่ตอบ
1	อธิบายถึงค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะ X สูงกว่า Y ทำให้ไม่มีการให้และรับอิเล็กตรอนหรือถ่ายโอนอิเล็กตรอนเกิดขึ้น
0.5	อธิบายถึงค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะ X สูงกว่า Y แต่ไม่อธิบายถึงการไม่มีการให้และรับอิเล็กตรอนหรือถ่ายโอนอิเล็กตรอนเกิดขึ้น หรืออธิบายอย่างใดอย่างหนึ่ง
0	ไม่อธิบายถึงการไม่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลาย ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะ X กับ Y

ก. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น ก. โลหะ X เกิดการสุก ร้อน ข. มีสาร Y มากะที่โลหะ X ค. สารละลายมีสีเข้มขึ้น ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิด เหตุผลที่ตอบ เพราะ.....		ผิดและไม่ตอบ ได้ 0 คะแนน
ข. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น ก. โลหะ X เกิดการสุก ร้อน ข. มีสาร Y มากะที่โลหะ X ค. สารละลายมีสีเข้มขึ้น ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิด เหตุผลที่ตอบ เพราะ..... โลหะ X มีค่า E มากกว่าสารละลาย Y (ข) จึงทำ ให้เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอน		มโนมติถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ในระดับพฤติกรรม
การวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนมติผิดและไม่ตอบ (ก) ไปสู่มโนมติที่ถูกต้อง (ข)

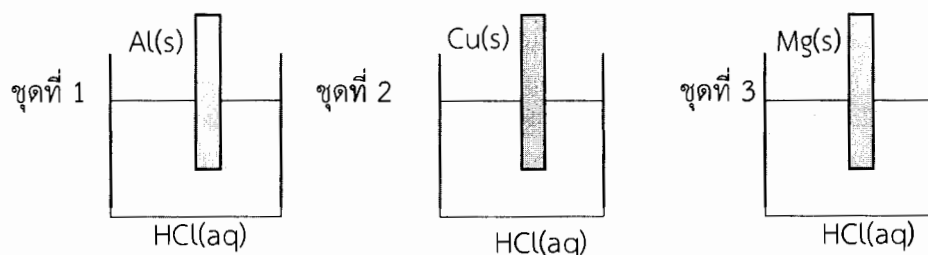
ก. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น		
ก. โลหะ X เกิดการหุ่กร่อน	ข. มีสาร Y มาเกาะที่โลหะ X	มโนมติผิด
ค. สารละลายมีสีเข้มขึ้น	ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงสี	ได้ 0 คะแนน
เหตุผลที่ตอบ เพราะ..... การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์จะสัมพันธ์กับโลหะ		
อิเล็กตรอน จักรกการผูกพัน		
ข. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น		
ก. โลหะ X เกิดการหุ่กร่อน	ข. มีสาร Y มาเกาะที่โลหะ X	มโนมติถูกต้อง
ค. สารละลายมีสีเข้มขึ้น	ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงสี	ได้ 2 คะแนน
เหตุผลที่ตอบ เพราะ..... โลหะ X มีค่าศักย์มาตรฐานต่ำกว่าโลหะ Y จึงเกิดปฏิกิริยา		
เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น		

ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ในระดับพฤติกรรม
การวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงจากมโนมติผิด (ก) ไปสู่มโนมติที่ถูกต้อง (ข)

จากภาพที่ 4.17 และ 4.18 การตอบคำถามในเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ในระดับพฤติกรรม
การวิเคราะห์ โดยสมมติสถานการณ์การทดลองขึ้นมาแล้วให้นักเรียนวิเคราะห์และเลือกตอบว่าการ
ทดลองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือไม่อย่างไร ซึ่งเห็นได้ว่าในคำตอบก่อนเรียนของลำดับขั้นที่ 1
นักเรียนจะเลือกตอบในข้อที่แตกต่างกันแต่นักเรียนยังถึงความแตกต่างของโลหะที่จุ่มกับไอออนของ
โลหะในสารละลาย ซึ่งนักเรียนคิดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น เช่น โลหะกร่อน หรือมีสารมาเกาะ
โลหะ เมื่ออธิบายถึงเหตุผลที่ตอบนักเรียนจะยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและผิดในเรื่องของการถ่าย
โอนอิเล็กตรอน หรือนักเรียนไม่สามารถอธิบายคำตอบนั้นได้เลยส่งผลถึงคะแนนก่อนเรียนของทั้งสอง
เท่ากับ 0 คะแนน แต่เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับ
เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้แล้ว พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในเรื่องของ
ปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้นเป็นมโนมติ
ถูกต้อง โดยคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 0 คะแนนซึ่งเป็นมโนมติผิดและไม่ตอบ เพิ่มขึ้นเป็น 2 คะแนนซึ่งเป็น
มโนมติถูกต้อง โดยนักเรียนทั้งสองคนตอบถูกทั้งตัวเลือกลำดับที่ 1 และเหตุผลในลำดับขั้นที่ 2 ซึ่ง
แสดงให้เห็นได้ว่า การเรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-
สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้มีประสิทธิภาพในการแก้ไขมโนมติที่ผิดให้เป็นมโนมติที่ถูกต้องได้ แต่
อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณานักเรียนทั้งหมดในการทำข้อสอบหลังเรียนข้อนี้ พบว่า ในตัวเลือกลำดับขั้น
ที่ 1 มีนักเรียนตอบถูกจำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 84.44 ส่วนในลำดับขั้นที่ 2 ยังมีนักเรียนที่ตอบ
และไม่ตอบเหตุผลซึ่งได้คะแนน 0 คะแนน ถึงจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ส่งผลให้นักเรียนมี
มโนมติที่คลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นได้ การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากข้อสอบเป็นการวิเคราะห์ขั้นสูงนักเรียน

จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้มากและมีพื้นฐานความรู้ที่มากพอจึงจะสามารถทำข้อสอบได้ดี อีกทั้งนักเรียนบางส่วนมีค้อยู่เคยกับการเขียนอธิบายคำตอบซึ่งเป็นการยากที่จะทำให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลข้อคำถามที่เป็นการวิเคราะห์ให้ได้

ตัวอย่างข้อสอบ (ความเข้าใจ) ทำการทดลองจุ่มโลหะลงในสารละลายกรด HCl 1M ดังต่อไปนี้



ก. จากการทดลองข้างต้น โลหะในชุดการทดลองใดมีความว่องไวและเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีที่สุด ก. ชุดที่ 1 ☒ ชุดที่ 2 ค. ชุดที่ 3 ง. ทุกชุดการทดลองเท่ากัน เหตุผลที่ตอบ เพราะ.....		มโนมติผิด ได้ 0 คะแนน
ข. จากการทดลองข้างต้น โลหะในชุดการทดลองใดมีความว่องไวและเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีที่สุด ก. ชุดที่ 1 ข. ชุดที่ 2 ☒ ชุดที่ 3 ง. ทุกชุดการทดลองเท่ากัน เหตุผลที่ตอบ เพราะ..... <u>Mg มีค่า E° เป็นลบมากที่สุด</u>		มโนมติถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

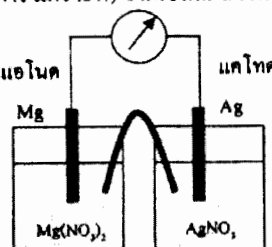
ภาพที่ 4.19 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ ระดับปฏิบัติการความเข้าใจที่เปลี่ยนแปลงจากมโนมติผิดและไม่ตอบ (ก) ไปสู่มโนมติที่ถูกต้อง (ข)

สำหรับเนื้อหาในเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ เป็นการเปรียบเทียบโลหะหรือไอออนที่มีการให้และรับอิเล็กตรอน โดยในกิจกรรมการทดลองนักเรียนทำการทดลองโดยใช้โลหะทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ และสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงหรือฟองแก๊สเป็นกิจกรรมที่ทำได้ง่าย เห็นภาพชัดเจนและนักเรียนมีประสบการณ์จากการทดลองในกิจกรรมแรกมาแล้วทำให้

นักเรียนมีมโนคติพื้นฐานในเรื่องการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ส่งผลให้การทำข้อสอบหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนสูง โดยก่อนเรียนนักเรียน โดยหลังเรียนมีนักเรียนตอบลำดับขั้นที่ 1 จำนวน 42 คน จากทั้งหมดจำนวน 45 คน และ ในลำดับขั้นที่ 2 นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง 1 เพียงคะแนนจำนวน 30 คน จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 28 จะเห็นได้ว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีมโนคติที่ผิดในข้อนี้ แต่เมื่อเรียนรู้ภายใต้กิจกรรมการสืบเสาะ 5 ขั้น นักเรียนสามารถแก้ไขมโนคติที่ผิดและไม่ตอบเปลี่ยนไปเป็นมโนคติที่ถูกต้องได้ดังภาพที่ 4.19 นอกจากนี้จากการตอบคำถามในข้อสอบในเรื่องเซลล์กัลวานิก ดังภาพที่ 4.20

(การวิเคราะห์) จากเซลล์กัลวานิกดังแผนภาพค่าศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้มีค่าเท่าใด

ก.



$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s) : E^\circ = -2.36 \text{ V}$
 $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) : E^\circ = +0.80 \text{ V}$

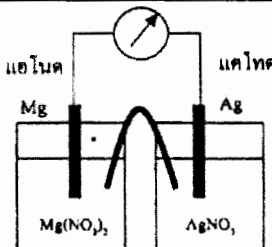
ก. -1.56 V ข. +1.56 V
 ค. -3.16 V ง. +3.16 V

เหตุผลที่ตอบ เพราะ (แสดงวิธีทำ)

$$E = E^\circ_{\text{แคโทด}} - E^\circ_{\text{แอโนด}} = 0.80 - (-2.36) = 3.16 \text{ V}$$

มโนคติคลาดเคลื่อน ตอบลำดับที่ 1 ผิด แต่ตอบเหตุผลและแสดงวิธีทำบางส่วน ได้ 0.5 คะแนน

ข.



$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s) : E^\circ = -2.36 \text{ V}$
 $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) : E^\circ = +0.80 \text{ V}$

ก. -1.56 V ข. +1.56 V
 ค. -3.16 V ง. +3.16 V

เหตุผลที่ตอบ เพราะ (แสดงวิธีทำ)

$$E^\circ_{\text{แคโทด}} - E^\circ_{\text{แอโนด}} = 0.80 - (-2.36) = 3.16 \text{ V}$$

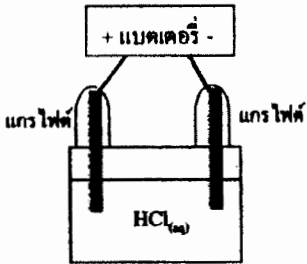
มโนคติถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

ภาพที่ 4.20 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง เซลล์กัลวานิก ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)

จากภาพที่ 4.20 จากตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนของนักเรียนบางคนในเรื่องการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก พบว่า นักเรียนตอบคำตอบผิดในตัวเลือกลำดับขั้นที่ 1 และในลำดับขั้นที่ 2 เขียนแสดงเหตุผลผิดหรือเขียนได้บางส่วนแสดงว่ามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เมื่อดำเนินกิจกรรมหลังเรียนแล้วนักเรียนเปลี่ยนแปลงมโนคติไปจากเดิมจากที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในตอนแรก

เปลี่ยนแปลงไปเป็นมโนคติที่ถูกต้องได้ สังเกตจากคะแนนการให้เหตุผลที่นักเรียนสามารถคำนวณและหาคำตอบได้ แสดงให้เห็นถึงนักเรียนมีมโนคติที่เพิ่มขึ้น และยังมีทักษะทางด้านการคำนวณที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์และยังเพิ่มทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ ทักษะด้านการคำนวณของนักเรียนได้อีกด้วย

ก. นำไปไว้ ถ้านำถูกไปมาต่อไว้ที่ปลายหลอดทั้งสองข้าง การเปลี่ยนแปลงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจากการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าควรเป็นข้อใด



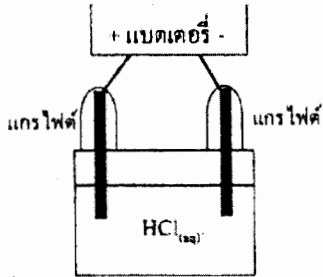
เพราะ

ก. ขั้วบวกโป่งพองขึ้น ขั้วลบไม่เปลี่ยนแปลง
 ข. ขั้วลบโป่งพองขึ้น ขั้วบวกไม่เปลี่ยนแปลง
 ก. ขั้วบวก และขั้วลบ โป่งพองขึ้น

มโนคติคลาดเคลื่อน ตอบลำดับที่ 1 ถูก แต่ตอบเหตุผล ผิด ได้ 1 คะแนน

ก. เกิดแก๊ส ออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวก และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วลบ
 ข. เกิดแก๊ส ออกซิเจนขึ้นที่ขั้วลบ และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วบวก
 ก. เกิดแก๊สออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวกเท่านั้น หรือเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นที่ขั้วลบเท่านั้น
 ง. ทั้งสองขั้ว เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้น

ข.



เหตุผลที่ตอบ เพราะ

ก. ขั้วบวกโป่งพองขึ้น ขั้วลบไม่เปลี่ยนแปลง
 ข. ขั้วลบโป่งพองขึ้น ขั้วบวกไม่เปลี่ยนแปลง
 ก. ขั้วบวก และขั้วลบ โป่งพองขึ้น

มโนคติถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

ก. เกิดแก๊ส ออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวก และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วลบ
 ข. เกิดแก๊ส ออกซิเจนขึ้นที่ขั้วลบ และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วบวก
 ก. เกิดแก๊สออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวกเท่านั้น หรือเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นที่ขั้วลบเท่านั้น
 ง. ทั้งสองขั้ว เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้น

ภาพที่ 4.21 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)

นอกจากนี้ในส่วนตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ตอบคำถามในเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าดังภาพที่ 4.21 จะเห็นได้ว่า ก่อนเรียนนักเรียนจะตอบคำถามถูกต้องในลำดับขั้นที่ 1 เนื่องจากเป็นความรู้ที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันและจากประสบการณ์ในการเรียนรู้ แต่เมื่อให้นักเรียนได้อธิบายเหตุผลถึงการตอบข้อคำถามในลำดับขั้นที่ 1 แล้วนักเรียนจะตอบผิดในลำดับขั้นที่ 2 นั้นแสดงว่า นักเรียนยังมีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่ได้รับมาก่อนหน้านี้นี้เป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนอยู่ แต่จากการทำกิจกรรมแล้ว พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่เปลี่ยนไปในทางที่เป็นมโนคติถูกต้องโดยได้คะแนนเต็มคือ ตอบถูกทั้งตัวเลือกลำดับขั้นที่ 1 และตัวเลือกที่เป็นเหตุผลในลำดับขั้นที่ 2 ซึ่งจากตัวอย่างดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนคติที่เพิ่มสูงขึ้นและการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สามารถพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงมโนคติของนักเรียนที่มีความคลาดไปสู่ มโนคติที่ถูกต้องหรือแก้ไขมโนคติที่ผิดหรือคลาดเคลื่อนไปสู่มโนคติที่ถูกต้องได้เช่นกัน ดังภาพที่ 4.22 และ 4.23

ก. วิศวกรใช้ท่อส่งน้ำใต้ดินที่ทำด้วยเหล็กกล้าเขาต้องการให้ท่อน้ำสามารถใช้งานได้ โดยเกิดการผุกร่อนหรือสึกกร่อนน้อยที่สุด ดังรูป



โลหะ X ที่เลือกใช้ไม่ควรเป็นข้อใดต่อไปนี้

ก. สังกะสี ข. แมกนีเซียม ค. ทองแดง ง. อะลูมิเนียม

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

ก. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะให้

ข. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะให้

ค. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า

✗ มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า

มโนคติคลาดเคลื่อน โดยตอบลำดับที่ 1 ผิด และลำดับขั้นที่ 2 ถูก ได้ 1 คะแนน

ข. วิศวกรใช้ท่อส่งน้ำใต้ดินที่ทำด้วยเหล็กกล้าเขาต้องการให้ท่อน้ำสามารถใช้งานได้นานๆ โดยเกิดการผุกร่อนหรือสึกกร่อนน้อยที่สุด ดังรูป



โลหะ X ที่เลือกใช้ไม่ควรเป็นข้อใดต่อไปนี้

ก. สังกะสี ข. แมกนีเซียม ค. ทองแดง ง. อะลูมิเนียม

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

ก. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า

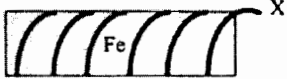
ข. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า

ค. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า

⊙ มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า

มโนคติถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

ภาพที่ 4.22 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง การป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิกที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติคลาดเคลื่อน (ก) ไปสู่มโนคติที่ถูกต้อง (ข)

ก. วิศวกรใช้ท่อส่งน้ำใต้ดินที่ทำด้วยเหล็กกล้าเขาต้องการให้ท่อน้ำสามารถใช้งานได้นานๆ โดยเกิดการผุกร่อนหรือสึกกร่อนน้อยที่สุด ดังรูป  โลหะ X ที่ ก. สังกะสี ☒ ข. แมกนีเซียม ค. ทองแดง ง. อะลูมิเนียม เหตุผลที่ตอบ เพราะ ก. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ข. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ค. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ง. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า	มโนมติผิด โดยตอบลำดับที่ 1 และลำดับขั้นที่ 2 ผิด ได้ 0 คะแนน
ข. วิศวกรใช้ท่อส่งน้ำใต้ดินที่ทำด้วยเหล็กกล้าเขาต้องการให้ท่อน้ำสามารถใช้งานได้นานๆ โดยเกิดการผุกร่อนหรือสึกกร่อนน้อยที่สุด ดังรูป  โลหะ X ที่เลือกใช้ไม่ควรเป็นข้อใดต่อไปนี้ ก. สังกะสี ข. แมกนีเซียม ก. ทองแดง ง. อะลูมิเนียม เหตุผลที่ตอบ เพราะ ก. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ข. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ค. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ง. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า	มโนมติถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

ภาพที่ 4.23 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบเรื่อง การป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิกที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนมติผิด (ก) ไปสู่มโนมติที่ถูกต้อง (ข)

4.1.8 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังตารางที่ 4.7 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Mean 4.34, SD 0.71)

ตารางที่ 4.8 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

รายการประเมิน	ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.36	0.69	มาก
1. มีความหลากหลาย น่าสนใจ และสามารถปฏิบัติได้จริง	4.38	0.78	มาก
2. มีเหมาะสมและนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.47	0.73	มาก
3. ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติจริงและสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ด้วย ตนเอง	4.24	0.71	มาก
4. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความน่าสนใจ หลากหลายเหมาะสมกับนักเรียน	4.42	0.62	มาก
5. การวัดและประเมินผล การกำหนดชิ้นงาน/ภาระงาน มี ความเหมาะสมกับนักเรียน	4.29	0.59	มาก
ด้านการเรียนรู้และความเข้าใจที่ได้รับ	4.33	0.74	มาก
6. นักเรียนเข้าใจบทเรียน เนื้อหาเคมีได้ง่ายขึ้น	4.27	0.75	มาก
7. นักเรียนเข้าใจหลักการ นิยาม สมการ สัญลักษณ์ทางเคมี มากขึ้น	4.20	0.73	มาก
8. นักเรียนได้วางแผนการทำงานด้วยตนเอง	4.44	0.62	มาก
9. นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น	4.27	0.78	มาก
10. นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	4.36	0.80	มาก
11. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อ อุปกรณ์ และแหล่ง เรียนรู้ได้อย่างทั่วถึง	4.44	0.76	มาก
ด้านการนำไปประยุกต์ใช้	4.34	0.70	มาก
12. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนานักเรียนให้ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันได้จริง	4.42	0.72	มาก
13. กิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมีความสำคัญกับการ ดำเนินชีวิตในปัจจุบัน	4.38	0.65	มาก

ตารางที่ 4.8 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
14. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนชอบการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมากขึ้น	4.24	0.71	มาก
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รายวิชาเคมีทำให้นักเรียนสามารถนำไปปรับใช้ในรายวิชาอื่นๆได้	4.33	0.71	มาก
เฉลี่ยในภาพรวม	4.34	0.71	มาก

จากตารางที่ 4.8 แสดงการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Mean 4.34, SD 0.71) โดยในด้านกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก (Mean 4.36, SD 0.69) รองลงคือ ด้านการนำไปประยุกต์ใช้อยู่ในระดับ มาก (Mean 4.34, SD 0.70) และด้านการเรียนรู้และความเข้าใจที่ได้รับอยู่ในระดับ มาก (Mean 4.33, SD 0.74) ตามลำดับ

4.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถแยกอภิปรายเป็น 3 ประเด็น คือ คะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี จำแนกตามเนื้อหา คะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีดังนี้

4.2.1 คะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามเนื้อหา

จากการวัดความเข้าใจโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 19.42 (SD 6.94) คิดเป็นร้อยละ 32.37 ของคะแนนเต็ม และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 42.67 (SD 8.94) คิดเป็นร้อยละ 71.12 ของคะแนนเต็ม โดยมีร้อยละของความก้าวหน้าคิดเป็น 38.75 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบ

คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนคติเรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Supasorn (2015) ที่ศึกษาความเข้าใจมโนคติและ เมินทอลโมเดลในเรื่องเซลล์กัลวานิกในไฟฟ้าเคมีโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการ ทดลองขนาดย่อมส่วนร่วมกับแบบจำลองเซลล์กัลวานิก (Model Kit) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พนิดา กันยะกาญจน์ (2556) ที่รายงานว่ กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนาคะแนน มโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนวัดความคงทนทางการ เรียน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นกระบวนการที่ นักเรียนต้องมีการสืบค้น สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนนักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมายสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและเก็บเป็น ข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยกระบวนการทำงาน กลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มและครูผู้สอน (ศรีบุญตาม โจมศรี, 2553) และช่วยให้ให้นักเรียนเข้าใจ เนื้อหาในบทเรียนเคมีมากขึ้น เกิดทักษะทางด้านการทดลองและมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาเคมี (Acar and Tarhan, 2013) อีกทั้งการเสริมกิจกรรมการทดลองด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยาย ความรู้ ช่วยเพิ่มความเข้าใจให้กับนักเรียนมากขึ้น เนื่องจากการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วย ตัวผู้เรียนเอง โดยใช้คำถามกระตุ้น ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่า ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร อธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ แล้วสามารถสร้าง องค์ความรู้ของนักเรียนเอง (กัญชพร เครือคำ และกานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิสเลลา, 2556)

จากการวัดความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ สืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำแนกตามเนื้อหา พบว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละของมโนคติหลังเรียนทุกเนื้อหาสูง กว่าร้อยละ 50 โดยมีคะแนนร้อยละของมโนคติหลังเรียนสูงที่สุดในเนื้อหาปฏิกิริยารีดอกซ์และการถ่าย โอนอิเล็กตรอน (ร้อยละ 80.89) รองลงมา คือ ความสามารถในการดิษฐ์และออกซิไดส์ (ร้อยละ 79.30) การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (ร้อยละ 71.17) เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ม (ร้อยละ 64.14) และการ ขุดโลหะและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (ร้อยละ 54.63) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอน การดำเนินกิจกรรมที่ 1 เรื่อง คู่ไหนคู่กัน เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ นักเรียนได้เรียนรู้โดยการสืบเสาะเป็น กิจกรรมแรกทำให้นักเรียนยังไม่เข้าใจขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ครูจะคอย แนะนำ กระตุ้นด้วยคำถามตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความสนใจ และยกตัวอย่างให้นักเรียนเข้าใจเพื่อเป็น แนวทางในการดำเนินตามกิจกรรมสืบเสาะต่อ ๆ ไป อีกทั้งในส่วนเนื้อหาและกิจกรรมการทดลอง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ง่ายเหมาะกับนักเรียน ซึ่งภายในกิจกรรมนักเรียนจะมีการเลือกคุโลหะและจุ่มลงใน

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาว่าคูไหนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น จากนั้นก็นำมาอธิบายผลการทดลอง เช่น ถ้านักเรียนนำโลหะ Zn จุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออน Zn^{2+} อยู่จะไม่เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนขึ้น เมื่อจุ่มโลหะ Zn ลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออน Cu^{2+} อยู่จะเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยโลหะนั้นจะเกิดการผุกร่อนและมีโลหะมาเกาะที่ผิวของโลหะ Zn และสารละลายเริ่มเปลี่ยนสีจากเดิม ส่งผลให้คะแนนร้อยละของมโนคติในเนื้อหาแรกมีค่ามากที่สุด ส่วนในกิจกรรมที่ 2 นักเรียนจะเริ่มทำความเข้าใจและอยากเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะด้วยตนเองมากขึ้น โดยครูจะจัดกิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอนที่คอยแนะนำนักเรียน (guided-inquiry laboratory) ซึ่งนักเรียนจะรู้สึกชอบ เพราะง่ายต่อการทำกิจกรรมการทดลอง รายงานการทดลอง และการคิดและวิเคราะห์เพื่อทำรายงานการทดลอง (Chatterjee, et al., 2009) และสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีส่วนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ได้ลงมือปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น จะทำให้เข้าใจเนื้อหาเคมีเพิ่มขึ้นได้ (พรทิพย์ เมืองแก้ว, 2553) นอกจากนี้การใช้รูปภาพแบบจำลองโมเดลในชั้นการอธิบายเนื้อหาจะช่วยให้นักเรียนเริ่มเข้าใจในหลักการเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้ (Huddle and White, 2000; Cullen and Pentecost, 2011) นอกจากนี้นักเรียนยังมีการพัฒนาความรู้ในระดับการนำไปประยุกต์ใช้ค่อนข้างน้อย เห็นได้จากนักเรียนมีร้อยละคะแนนมโนคติหลังเรียนและร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุดในเนื้อหาเรื่องการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (54.63 และ 16.25) เนื่องจากกิจกรรมและเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์เอาความรู้มาใช้นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายสมการและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแต่ละขั้วไฟฟ้าและสารละลายได้ และสำหรับในส่วนของเนื้อหาการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิกจะเป็นการประยุกต์ความรู้ในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เป็นเซลล์อิเล็กโทรไลต์ โดยหลักการจะมีความแตกต่างกันกับเรื่องของเซลล์กัลวานิกที่อาจจะทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการเขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงและพิจารณาผลที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองในเซลล์ ทำให้คะแนนมโนคติและความก้าวหน้าต่ำที่สุด และมีแนวโน้มลดลงจากเมื่อเทียบกับเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าที่เป็นมโนคติพื้นฐานในเรื่องของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่เรียนมาก่อนหน้านี้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในระดับที่ต่ำและส่งผลต่อมโนคติที่คลาดเคลื่อนได้มากขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละของมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกเป็นมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ มีค่าเท่ากับ 9.11, 45.48 21.41 และ 24.37 ตามลำดับ และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบ มีค่าเท่ากับ 49.85, 37.63 9.11 และ 3.14 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในภาพรวมทุกเนื้อหาพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอนผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ นั้น มีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มี

มโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้น และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติคลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบนั้นลดลงทั้งหมด

อย่างไรก็ตามร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติคลาดเคลื่อนหลังเรียนยังมีอยู่ค่อนข้างมาก คือ มโนคติ เรื่อง เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ (ร้อยละ 52.35) การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (ร้อยละ 47.41) และการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (ร้อยละ 43.33) ซึ่งอาจเนื่องมาจากในหัวข้อเหล่านี้เป็นเนื้อหาที่มีประยุกต์ความรู้และหลักการมาใช้ในการสร้างเป็น เซลล์ไฟฟ้า มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การต่อเซลล์กัลวานิกต้องนำความรู้ในเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ ความสามารถในการรับและให้อิเล็กตรอนมาประยุกต์ใช้ รวมทั้งต้องต่อเซลล์ที่หลากหลาย คำนวณหา ค่าศักย์ไฟฟ้า และระหว่างการทำกิจกรรมครูจะคอยแนะนำบ้างเป็นระยะซึ่งแตกต่างจากการทดลอง แรก และยังมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาเรียนและการปฏิบัติกิจกรรมหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลการ ทดลอง ซึ่งอาจส่งผลทำให้นักเรียนเกิดการเบื่อหน่ายและนักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจหลักการ ไม่ได้เท่าที่ควร สอดคล้องกับ สันหวัช สอนท่าโก (2550) ที่เสนอแนะว่าในการปฏิบัติกิจกรรมครูควร ใช้เวลาแก่นักเรียนในการคิดและปฏิบัติกิจกรรม ครูไม่ควรเร่งรัดนักเรียนและไม่ควรคาดหวังกับ คำตอบในทันที รวมทั้งพฤติกรรมการเรียนและความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน ไม่เท่ากัน และการปรับแก้มโนคติที่คลาดเคลื่อนต้องใช้ระยะเวลานาน (มังกร ทองดี, 2535) นอกจากนี้การทำแบบทดสอบที่มีลักษณะ 2 ลำดับชั้นของนักเรียนนั้นเป็นสิ่งที่ยากสำหรับนักเรียนที่ จะตอบถูกทั้งสองลำดับชั้นและได้คะแนนเต็ม และในส่วนลำดับชั้นที่ 2 โดยเฉพาะการเขียนอธิบาย คำตอบยังเป็นสิ่งที่ยากสำหรับครูที่จะให้นักเรียนเขียนคำตอบและเป็นคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมด หรือถ้า เป็นชนิดตัวเลือกก็จะง่ายขึ้นสำหรับนักเรียนที่ไม่มีความรู้พื้นฐานก็สามารถทำข้อสอบนั้นได้เช่นกัน สิ่งเหล่านี้ส่งผลถึงคะแนนมโนคติของนักเรียนในแต่ละข้อและแต่ละเนื้อหา เห็นได้จากร้อยละของ นักเรียนส่วนมากที่มีมโนติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Huddle and White, (2000) กล่าวว่า การให้เหตุผลโดยใช้ข้อสอบแบบ 2 ลำดับชั้น โดยเฉพาะส่วนการให้เหตุผลที่ จะทำให้ทราบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนคิมน้อยเพียงใดซึ่งจะแตกต่างจากข้อสอบที่เป็นตัวเลือก แต่สำหรับการทำข้อสอบที่เป็นการเขียนตอบนั้นเป็นสิ่งที่ยากมากที่จะกระตุ้นนักเรียนให้เหตุผลและ ถูกต้องทั้งหมด ซึ่งนักเรียนอาจจะทำถูกต้องเพียงบางส่วน และถ้าแบบตัวเลือกก็มีข้อจำกัดและเสี่ยงที่ นักเรียนจะตอบผิดในข้อนั้น (Supasorn, 2015) ทำให้นักเรียนยังมีการเปลี่ยนแปลงมโนคติผิดไปสู่ มโนคติที่คลาดเคลื่อนและบางส่วนก็ยังมโนคติที่คลาดเคลื่อนอยู่เหมือนเดิม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผล ถึงคะแนนร้อยละของมโนคติถูกต้องหลังเรียนมีแนวโน้มลดลงได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามนักเรียน ก็ยังมีร้อยละของมโนคติผิด และไม่ตอบลดลงและมีร้อยละของมโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกเนื้อหา แสดงให้เห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ในเรื่องไฟฟ้าเคมีหลังจากได้รับ

การเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้นั้นเอง

4.2.2 คะแนนความเข้าใจโมเมนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนโมเมนต์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกระดับพฤติกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจโมเมนต์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องไฟฟ้าเคมีเมื่อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ และสอดคล้องกับ วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2556) เมื่อพิจารณาร้อยละของโมเมนต์ถูกต้อง คลาดเคลื่อน ผิด และไม่ตอบก่อนเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี จำแนกตามระดับพฤติกรรมความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีโมเมนต์ถูกต้องเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าร้อยละที่สูงสุด คือ ระดับของพฤติกรรม การนำไปใช้ รองลงมา คือ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ คิดเป็นร้อยละ 60.63, 49.49 และ 43.89 ตามลำดับ

โดยนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้มีโมเมนต์ที่ผิดพลาดจากก่อนเรียน มีความเข้าใจโมเมนต์ถูกต้องเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการจัดกิจกรรมดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถปรับเปลี่ยนโมเมนต์และพัฒนาโมเมนต์ให้สูงขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับพฤติกรรมของนักเรียนหลังเรียนและก่อนเรียนระหว่างชั้นความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละโมเมนต์ที่เกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าเคมีในระดับพฤติกรรม การนำไปใช้ เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนมากที่สุด (46.98) รองลงมา คือ ความเข้าใจ (39.39) และการวิเคราะห์ (38.33) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความเข้าใจโมเมนต์วิทยาศาสตร์ ในเรื่องไฟฟ้าเคมี เมื่อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ที่เป็นเช่นนั้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง และในชั้นการจัดกิจกรรมนักเรียนมีการประยุกต์เอาอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นตนเองมาใช้ในการทดลอง เช่น การนำเอาผลไม้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาทดลองในเรื่อง เซลล์กัลวานิก และใช้เป็นสารละลาย และการนำวัสดุอุปกรณ์ที่มีในชีวิตประจำวัน เช่น กระป๋องน้ำอัดลม ข้อน ตะปู สังกะสี ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดสนุกสนาน และคิดว่าวิชาเคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับนักเรียนได้จริง ส่งผลต่อความเข้าใจและตระหนักได้ว่าการเรียนรู้ในชั้นเรียนเราสามารถนำเอาสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตจริงได้ ดังเช่น กิจกรรมการป้องกันโลหะผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก หรือการสร้างเซลล์ผลไม้ที่มีในท้องถิ่น นอกจากนี้ในขั้นตอนการดำเนินครูจะคอยแนะนำนักเรียน และชั้นการกระตุ้นความสนใจครูจะมีการเปิดวิดีโอที่

เกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ของหลักการเคมีไฟฟ้าให้นักเรียนดูก่อนเพื่อให้เกิดการกระตุ้นความสนใจที่จะเรียนและตระหนักถึงคุณค่าของเนื้อหาที่จะเรียน ส่วนในขั้นกิจกรรมการสำรวจและค้นหานอกจากนักเรียนจะได้ลงมือสืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการกลุ่ม และเลือกใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นมาทดลอง แล้วการอธิบายและลงข้อสรุปครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเรียนรู้ผ่านกิจกรรม walk gallery และสรุปผลการสำรวจและค้นหาลงในกระดาษขรุขระเป็นรายกลุ่ม และมีการตอบปัญหาท้ายการทดลองส่งรายบุคคล และในขั้นการขยายความรู้ที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่ได้มาขยายและประยุกต์เข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับกิจกรรมขั้นการสำรวจหรือแตกต่างกันเล็กน้อยทำให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำความรู้ไปใช้ประยุกต์ใช้ได้โดยผ่านกิจกรรม POE สั้น ๆ ในแต่ละเนื้อหาที่เรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีมโนคติที่สูงขึ้นโดยเฉพาะความเข้าใจและการนำไปใช้ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนก็ต้องมีความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ อย่างท่องแท้ก่อนที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ นอกจากนี้การทำแบบทดสอบที่มีลักษณะ 2 ลำดับชั้นของนักเรียนนั้นเป็นสิ่งที่ยากสำหรับนักเรียนที่จะตอบถูกต้องทั้งสองลำดับชั้นและได้คะแนนเต็ม และในส่วนลำดับชั้นที่ 2 โดยเฉพาะการเขียนอธิบายคำตอบยังเป็นสิ่งที่ยากสำหรับครูที่จะให้นักเรียนเขียนคำตอบและเป็นคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมด หรือถ้าเป็นชนิดตัวเลือกก็จะง่ายขึ้นสำหรับนักเรียนที่ไม่มีความรู้พื้นฐานก็สามารถทำข้อสอบนั้นได้เช่นกัน สิ่งเหล่านี้ส่งผลถึงคะแนนมโนคติของนักเรียนในแต่ละข้อของแต่ละระดับพฤติกรรมทำให้อะไรของนักเรียนยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน อีกทั้งในส่วนของเนื้อหาที่อยู่ระดับพฤติกรรมเดียวกันและเป็นพื้นฐานของเรื่องถัดไปก็จะส่งผลต่อการทำแบบทดสอบและความเข้าใจในมโนคติของนักเรียนต่อไปได้ด้วยซึ่งความรู้แต่ละชั้นจะต้องเป็นพื้นฐานเชื่อมโยงกันไปและเกี่ยวเนื่องกันไป (วารกรณ์ ธีรศิริ, 2532)

4.2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก (Mean 4.34, SD 0.71) โดยในด้านกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก (Mean 4.36, SD 0.69) รองลงคือ ด้านการนำไปประยุกต์ใช้อยู่ในระดับ มาก (Mean 4.34, SD 0.70) และด้านการเรียนรู้และความเข้าใจที่ได้รับอยู่ในระดับ มาก (Mean 4.33, SD 0.74) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น (Mean 4.47, SD 0.73) รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความน่าสนใจ หลากหลายเหมาะสมกับนักเรียน (Mean 4.42, SD 0.62) ส่งผลให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการ

วางแผนการทำงานด้วยตนเอง และยังมีการร่วมคิดร่วมทำกันภายในกลุ่ม ได้เคลื่อนไหวตลอดเวลาทำให้ไม่ง่วง กระตือรือร้นตลอดเวลา (รุ่งทิพย์ ศศิธร, ศักดิ์ศรี สุภาธร และชาญ อินทร์แต้ม, 2554) และการได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึงและมีอยู่ในชีวิตประจำวัน (Mean 4.44, SD 0.76) จะส่งผลให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญของการทดลองอย่างแท้จริงและมีเจตคติการทดลองเคมีในทางบวก (ศักดิ์ศรี สุภาธร, 2554) เกิดทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากการทำงานร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักเรียนรู้สึกชอบและเห็นว่าการทำกิจกรรมการเรียนรู้มีสำคัญและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง นอกจากนี้ในกิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะทางเคมียังส่งผลให้นักเรียนมีทัศนคติในเชิงบวกต่อกิจกรรมการทดลองเคมี มีความสนใจในการเรียนวิชาเคมี เข้าใจแนวคิด สัญลักษณ์ทางเคมี มีทัศนคติที่ดี ตระหนักและเห็นความสำคัญของเคมีในชีวิตจริงอีกด้วย (Acar and Tarhan, 2013)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัยและนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับ ซึ่งหลังจากดำเนินการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปผลเป็น 2 ประเด็นหลักดังนี้ คือ ความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยจำแนกตามรายเนื้อหาและตามระดับพฤติกรรม และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ด้วย

5.1.1 คะแนนความเข้าใจนิมิตก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนนิมิตหลังเรียน (Mean 42.67, SD 8.94) สูงกว่าก่อนเรียน (Mean 19.42, SD 6.94) และมีร้อยละของความก้าวหน้าคิดเป็น ร้อยละ 38.75 โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนนิมิตก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีคะแนนนิมิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาแยกตามเนื้อหา ได้แก่ ปฏิกริยารีดอกซ์และการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ เซลล์กัลวานิกและเซลล์ผลไม้ การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า และการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก พบว่านักเรียนมีคะแนนร้อยละของนิมิตหลังเรียนทุกเนื้อหาสูงกว่าร้อยละ 50 โดยมากที่สุด นิมิตเรื่องปฏิกริยารีดอกซ์คิดเป็นร้อยละ 80.89 และต่ำที่สุด นิมิตการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก คิดเป็นร้อยละ 54.63 และเมื่อพิจารณาตามระดับพฤติกรรมด้านความเข้าใจ นำไปใช้และการวิเคราะห์ พบว่านักเรียนมีคะแนนร้อยละของนิมิตหลังเรียน คิดเป็น 72.59, 74.79 และ 67.63 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนที่มีนิมิตถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด

พบว่า มโนมติก่อนเรียนเป็น 9.11, 45.48 และ 45.41 ตามลำดับ และมโนมติหลังเรียน เป็น 49.85, 37.63 และ 12.52 ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์คะแนนมโนมติเป็นร้อยละของมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีร้อยละมโนมติถูกต้องมากที่สุดในเรื่อง การแยกน้ำด้วย กระแสไฟฟ้า (22.22) มโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ (51.11) และมโนมติผิด มากที่สุดในเนื้อหาเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (55.56) หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีร้อยละมโนมติถูกต้องมากที่สุดในเรื่องความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ (66.22) มโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องเซลล์กัลวานิก (52.35) และมโนมติผิดมากที่สุดในเรื่องการชุบโลหะ ด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก (27.22)

ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับ เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ มีส่วนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสทำกิจกรรมด้วย ตนเอง ได้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติการทดลองจริง วางแผนการทดลอง เพื่อหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อธิบายและลงข้อสรุปความรู้ ที่ได้รับ โดยในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น ครูมีส่วนสำคัญช่วยในการส่งเสริม กระตุ้นด้วย คำถามทางวิทยาศาสตร์ คอยแนะนำในการดำเนินกิจกรรมของนักเรียน และสรุปองค์ความรู้ร่วมกับ นักเรียน ทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม จน ทำให้นักเรียนแก้ไขมโนมติที่ผิดเกิดเป็นมโนมติที่ถูกต้องหรือมโนมติวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของ นักวิทยาศาสตร์ จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองร่วมกับกิจกรรมการทดลองที่ได้ลงมือปฏิบัติ อีกทั้งเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียน มากขึ้น จากการนำความรู้ที่ได้เรียนในชั้นสำรวจและค้นหามาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ในชั้น ขยายความรู้ และการจัดกิจกรรม POE ในชั้นขยายความรู้ที่เป็นกิจกรรมการทดลองเล็กๆ ช่วยเสริม ความรู้และทดสอบความเข้าใจทำให้มีการขยายองค์ความรู้เพิ่มเติมจากเดิม ส่งเสริมให้นักเรียนได้ แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอน โดยผ่านกระบวนการ ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นก่อนและอธิบายเหตุผลที่ทำนาย แล้วลงมือทดลอง สังเกตผล บันทึกผล และ อธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสิ่งที่ทำนายไว้ จนได้ข้อสรุป ทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่ เรียนรู้มากขึ้นและสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองได้

5.1.2 ความพึงพอใจหลังเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี พบว่ามีความ พึงพอใจหลังเรียน อยู่ในระดับ มาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.34 (SD 0.71) ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น รวมทั้งวัสดุ

อุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความน่าสนใจ หลากหลายเหมาะสมกับนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนการทำงานด้วยตนเอง เกิดความกระตือรือร้นตลอดเวลา และการได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นและในชีวิตประจำวันได้อย่างทั่วถึง ทำให้นักเรียนรู้สึกชอบและเห็นว่าการทำกิจกรรมการเรียนรู้สำคัญและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง นอกจากนี้ในกิจกรรมการทดลองด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ยังส่งผลทำให้นักเรียนมีทัศนคติในเชิงบวกต่อกิจกรรมการทดลองเคมี มีความสนใจในการเรียนวิชาเคมี เข้าใจบทเรียน เนื้อหาเคมีได้ง่าย และเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

กล่าวโดยสรุป การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ มีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร ให้สูงขึ้น ช่วยเพิ่มโน้มน้าที่ต้อง และลดมโนคติคลาดเคลื่อนและผิด ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง วางแผนการทดลอง อธิบายและลงข้อสรุป ทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม จนทำให้นักเรียนแก้ไขมโนคติที่ผิดเกิดเป็นมโนคติที่ถูกต้องหรือมโนคติวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองร่วมกับกิจกรรมการทดลองที่ได้ลงมือปฏิบัติ อีกทั้งกิจกรรมการทดลองด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ ช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียนมากขึ้น โดยผ่านกระบวนการทำนาย สังเกต และอธิบายผลที่เกิดขึ้น จนได้ข้อสรุป ทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้มากขึ้นและนำไปสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเอง จึงช่วยให้นักเรียนเรียนรู้อะไรๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์นั้น ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์เคมี เห็นความสำคัญและตระหนักถึงคุณค่าของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยในการจัดการเรียนรู้

5.2.1.1 ก่อนทำการสอนครูควรที่จะวางแผนการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำความเข้าใจกับเนื้อหาที่สอนจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหา จัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อม และควรตรวจสอบสภาพของเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อมเพื่อให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และควรควรทดลองก่อนเพื่อจะได้ทราบปัญหาและแก้ไขได้ทันทั่วทั้งที่ก่อนนำไปใช้จริง

5.2.1.2 ก่อนทำกิจกรรมการทดลองควรมีการสอนการใช้เครื่องมือให้กับนักเรียน เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้โวลต์มิเตอร์ การอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์

5.2.1.3 ในระหว่างที่นักเรียนกำลังปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะในช่วงแรก ๆ ครูควรอธิบายขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะให้นักเรียนเข้าใจก่อนดำเนินการกิจกรรมการเรียนการสอน และเชื่อมโยงขั้นตอนการสืบเสาะโดยการกระตุ้นด้วยคำถาม

5.2.1.4 ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) เป็นการเรียนในลักษณะที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนฝึกศึกษา ค้นคว้า แสวงหาความรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม กระบวนการทำงาน รวบรวมข้อมูลและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ในการเรียนรู้ด้วยตนเองครูควรระลึกเสมอว่า ในบางครั้งนักเรียนไม่สามารถทำได้ถูกต้อง ถ้ากิจกรรมใดบางส่วนมีปัญหา นักเรียนควรซักถามครูผู้สอนว่ากระบวนการแก้ปัญหาที่ดำเนินการนั้นถูกต้องหรือไม่ และครูต้องคอยแนะนำตลอดเวลาเพื่อที่จะทำให้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัตินั้นไม่ผิดพลาดและสามารถดำเนินต่อไปได้

5.2.1.5 ในระหว่างที่นักเรียนดำเนินการกิจกรรมขั้นสำรวจและค้นหา เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่จากกิจกรรมนั้น ๆ ผลการทดลองที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้หาได้จากท้องถิ่น เช่น แผ่นสังกะสี ตะปูเหล็ก กระจกนํ้าอัดลม หรือสารละลายจากผลไม้ หรือผลไม้ที่ได้จากท้องถิ่น ดังนั้นครูควรมีการเตรียมการทดลองไว้สำหรับใช้อ้างอิงและอธิบายคำตอบของผลที่ได้เปรียบเทียบกับนักเรียนและร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้นั้น ๆ จะทำให้นักเรียนได้รับองค์ความรู้ที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

5.2.1.6 ในการใช้แบบทดสอบตัวเลือก 2 ลำดับขั้น (two-tier multiple choice test) เป็นการวัดผลที่ดีเพื่อที่จะได้ศึกษาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ในแต่ละเนื้อหาของนักเรียน ตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาตรวจสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างแท้จริงได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามครูก็ต้องคอยเน้นย้ำเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในการทำข้อสอบและลงมือทำข้อสอบนั้น ๆ โดยเฉพาะข้อสอบในขั้นที่ 2 ที่เป็นการอธิบายเหตุผลที่นักเรียนจะเขียนเหตุผลในการตอบของขั้นที่ 1 หรือเลือกตอบข้อที่เป็นเหตุผลที่ถูกต้องในข้อนั้น ๆ

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรมีการประยุกต์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาหรือสาขาวิชาอื่น ๆ ต่อไป

5.2.2.2 ควรจะมีการศึกษาและพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องไฟฟ้าเคมี และเนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป

5.2.2.3 ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ทดลองหรือได้ลงมือปฏิบัติจริง จะได้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนต่อไป ซึ่งในการที่จะทำวิจัยครั้งต่อไปนั้นกิจกรรมและชุดอุปกรณ์การทดลองอาจจะประยุกต์จากสิ่งที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการหรืออาจสร้างใหม่หรือประยุกต์จากสิ่งที่คิดค้นมาแล้ว เพื่อนำไปปรับใช้ในการทดลองให้นักเรียนได้เข้าใจในทฤษฎีและหลักการมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2545(ก).
- _____. สาระและมาตรฐานการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2545(ข).
- _____. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2551.
- กรีธา ภูผาแร่. การเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.
- กัญชพร เครือคำ และกานต์ตะวัน วุฒิสเลา. “ผลการจัดการเรียนรู้แบบ POED ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการทำนาย สังเกต อธิบาย อภิปราย เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมระดับชาติ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 7. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.
- คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. ชุดการเรียนการสอน เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย, 2535.
- จิระวรรณ เกษสิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ. “กรณีศึกษาความเข้าใจและปฏิบัติการของครู วิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้”, วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ (สังคม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 31(1): 1-16; มกราคม-เมษายน, 2553.
- จุฑามาศ เจตน์กลกิจ. ได้พัฒนาชุดการสอนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์, 2551.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. “การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้”, วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 11(1): 32-45; มกราคม-เมษายน, 2551.
- _____. “ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อสอนครูวิทยาศาสตร์ : ประเด็นปัจจุบันที่ครูของครู วิทยาศาสตร์ควรทราบ”, วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 23(2): 1-19; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ทศนา แชมมณี. 14 วิธีการสอนสำหรับครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร:

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาจร. “การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี”, วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 11(2): 23-33; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2555.

น้ำค้าง จันเสริม. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี POE.

วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

นิตยา ผลประดง. การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ชุดการสอนที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์. “การเรียนรู้แบบสร้างความคิดรวบยอด”, วารสารประชาศึกษา. 31(1): 6-17; กุมภาพันธ์, 2523.

ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. “การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด”, วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 31(1): 27-35; มกราคม-มีนาคม, 2551.

ปิยะนุช เรือนเจริญ. “ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย สังเกต อธิบายต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

พนิดา กันยะกาญจน์. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาจร. “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ. น.26-31. มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ปัตตาวัน นาใจแก้ว และวรัญญา จีระวิพลพรรณ. “การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา”, วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 5(1): 1-10; พฤษภาคม, 2557.
- พลัสมน เย็นสมุทร และเสนอ ชัยรัมย์. “การพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส โดยกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย”, ใน งานประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ. วิจัย ครั้งที่ 8. น.245-253. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.
- พจนา ทรัพย์สมาน. การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
- พรทิพย์ เมืองแก้ว. ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเรื่องไฟฟ้าเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.
- พรรณธิดา มั่นใจ. ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าเคมี: เซลล์กัลวานิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.
- ไพโรจน์ เต็มเดชาติพงศ์. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องหน้าที่ของยีนโดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.
- ภพ เลหาไพบุลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2542.
- _____. การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- มังกร ทองสุตดี. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2540.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- มนตรี เชื้อพันธาม. การวิเคราะห์แนวโน้มที่ตลาดเคลื่อนในวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.
- เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ. “แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย”,
วารสารสงขลานครินทร์ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 13(4): 541-553; ตุลาคม,
2550.
- รัตนา พันสนธิ และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ. การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 35(2): 87-92; เมษายน, 2555.
- รุ่งทิพย์ ศศิธร, ศักดิ์ศรี สุภาธร และชาญ อินทร์แต้ม. “การเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้า
เคมี ด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือกับชุดการเรียนรู้แบบ 5E”, ใน การประชุมวิชาการเสนอ
ผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 23. น.723-728. นครราชสีมา:
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2554.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. CONSTRUCTIVISM. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.
- วราภรณ์ อิศริ. การศึกษามโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.
วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาธร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา
เคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์”, วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 24(1): 29-52; มกราคม, 2556.
- ศักดิ์ศรี สุภาธร. “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอน
ปลาย: การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี”,
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 22(3):
331-343; กันยายน-ธันวาคม, 2554.
- _____. “บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล”, วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 35(1): มกราคม-มีนาคม, 2555.
- ศรีบุญตาม ไจมศรี. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดย
ใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ. วิทยานิพนธ์ปริญญา
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). “รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET)”, Onetresult Niets.

[http : www.onetresult.niets.or.th](http://www.onetresult.niets.or.th). 14 พฤษภาคม, 2556.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). เอกสารประกอบการเผยแพร่ ขยายและอบรมรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle).

กรุงเทพมหานคร: ครูสภาลาดพร้าว, 2548.

_____. การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพมหานคร: ครูสภาลาดพร้าว, 2546.

_____. “การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้การอบบรมครูฟิสิกส์ (เพิ่มเติม) ปีที่ 3 ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่”, Physics.Science.

<http://www.physics.science.cmu.ac.th/teacherworkshop/2552/whatis.htm>. 26 เมษายน, 2551.

สัณห์วัช สอนท่าโก. “การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ โดยส่งเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ”, วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 18(2): 198-212; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2550.

สมเจตน์ อรุณศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การเปรียบเทียบโมเดลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องพันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระต่าย”, วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 1(1): 38-57; เมษายน-มิถุนายน, 2554.

สมนึก ภัททิยธนี. การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กทม: ประสานการพิมพ์, 2546.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ, 2551.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. การเรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร:

ห้างหุ้นส่วนจำกัดการพิมพ์, 2545(ก).

_____. 21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์, 2545(ข).

อาภรณ์ ใจเที่ยง. หลักการสอน. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2540.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- อุบลวรรณ ไททอง, กานตะรัตน์ วุฒิเสลา และพรพรรณ พิงโพธิ์. “ผลการจัดการเรียนรู้แบบ
ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการและเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ภาคเหนือ. 3(พิเศษ): 272-280; มกราคม-เมษายน, 2554.
- Acar Sesen, B. and Tarhan, L. “Inquiry-Based Laboratory Activities in
Electrochemistry: High Schools’ Achievements and Attitudes”, **Research in
Science Education**. 43(1): 413-435; February, 2013.
- Bodner, G.M. “I have found you an argument: The conceptual knowledge of
beginning chemistry graduate students”, **Journal of Chemical Education**.
68(5): 385-388; May, 1991.
- Chatterjee, S. and et al. “Surveying Students’ Attitudes and Perceptions toward
Guided-Inquiry and Open-Inquiry Laboratories”, **Journal of Chemical
Education**. 86(12): 1427-1432; December, 2009.
- Costu, B. and et al. “Investigating the effectiveness of POE-based teaching activity
on student’s understanding of condensation”, **Instructional Science:
An International Journal of the Learning Sciences**. 40(1): 47-67; January,
2012.
- Cullen, D.M. and Pentecost, T.C. “A model approach to the electrochemical cell:
An inquiry activity”, **Journal of Chemical Education**. 88(11): 1562-1564;
August, 2011.
- Huddle, P.A. and White, M.D. “Using a teaching model to correct known
misconceptions in electrochemistry”, **Journal of Chemical Education**.
77(1): 104-110; January, 2000.
- Lawson, A. “Using the Learning Cycle to teach Biology Concepts and Reasoning
Patterns”, **Journal of Biological Education**. 35(4): 165-169; December,
2001.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Peterson, R.F and Treagust, D.F. "Development and Application of a Diagnostic Instrument to Evaluate Grade 11 and 12 Students' Concepts of Covalent Bonding and Structure Following a Course Instruction", **Journal of Research in Science Teaching**. 26(4): 301-314; April, 1989.
- Posner, G.J. "Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change", **Science Education**. 66(2): 211-227; April, 1982.
- Sander, M. "Erroneous Idea about Respiration: The Teacher Factor", **Journal of Research in Science Teaching**. 30(8): 919-934; October, 1993.
- Supasorn, S. "Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit", **Chemistry Education Research and Practice**. 16(2): 393-407; March, 2015.
- Supasorn, S. and Promarak, V. "Implementation of 5E inquiry Incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students", **Chemistry Education Research and Practice**. 16(1): 121-132; January, 2015.
- White, R.T., and Gunstone, R. F. **Probing Understanding**. Great Britain. Flamer Press, 1992.
- Wondersee, J. "Can the History of Science Help Science Educations Anticipate Students' Misconception", **Journal of Research in Science Teaching**. 23(7): 581-597; October, 1986.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือประกอบด้วย 5 ท่านดังนี้

1. นางสาวผ่องศรี สมยา ตำแหน่ง ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 29
2. นายพนมเทพ สังขะวรรณ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการโรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี
3. ดร.ทัศนีย์ ทองไชย ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร
4. นางจรรณี แก้วศรีทอง ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร
5. นางสาวจงรัก เพ็งจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว30225 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนโพธิ์โพธิ์พิทยาคาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557
สาระที่ 3 หน่วยที่ 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และออกซิไดซ์ เวลา 2 ชั่วโมง
วัน.....ที่.....เดือนพ.ศ. ผู้สอน ครู สนทยา บังพรม

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 ว 3.2.1 สำรวจตรวจสอบ อภิปราย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งสารที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระสำคัญ

การศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะสังกะสีกับสารละลาย CuSO_4 และโลหะทองแดงกับสารละลาย ZnSO_4 ทำให้ทราบว่าความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะทั้งสองชนิดไม่เท่ากัน โดยโลหะสังกะสีให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าโลหะทองแดง และไอออนของโลหะนั้นๆ ก็มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนแตกต่างกัน โดย Cu^{2+} ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า Zn^{2+}

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์ และดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ได้
2. เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ได้
3. เขียนแสดงสมการรีดอกซ์ พร้อมทั้งบอกตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ในปฏิกิริยาได้

ด้านทักษะกระบวนการ

1. ทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้
2. มีทักษะด้านการสังเกตการณ์ทดลอง การทำนาย แปลผลข้อมูลและสรุปผลเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. กล้าแสดงออกในการทำงาน และกิจกรรมการเรียนรู้
2. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
3. มีความสนใจ และให้ความร่วมมือกับเพื่อนในการทำงานเป็นกลุ่ม

สาระการเรียนรู้ (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 1)

1. ตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ของสารในปฏิกิริยารีดอกซ์
2. ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในเคมีวิทยาศาสตร์เรียน ก่อนเรียน เรื่องความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ จำนวน 5 ข้อ

1.2 ครูนำอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งต้องประกอบไปด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชัน จากนั้นครูนำอภิปรายถึงระบบที่เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น สารละลายกรดต่างๆที่แตกตัวให้อิออนบวกและลบได้ โดยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ให้นักเรียนอยากรู้เพิ่มเติม เช่น

คำถาม “ถ้าเราเอาโลหะ เช่น Mg Cu Al ลงไปในสารละลายกรดชนิดต่างๆ เช่น กรด HCl HNO₃ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร”

แนวการตอบ “โลหะเกิดการผุกร่อนและเกิดแก๊สขึ้น”

1.3 เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และกระตุ้นความสนใจในการค้นหาคำตอบเพิ่มเติม ครูเชื่อมโยงสิ่งที่ถามนักเรียนโดยให้นักเรียนดูวิดีโอ เรื่อง Single Displacement Mg and HCl

จากนั้นครูให้นักเรียนช่วยกันเขียนคำถามที่สงสัยจากการที่ดูวิดีโอ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขวบนสงสัย ใคร่อยากรู้ “ตัวรับ ตัวให้อิเล็กตรอน) ใครดี ใครเด่น” ตัวอย่างคำถาม เช่น

คำถาม “ถ้าเราเอาโลหะชนิดอื่น เช่น Al Cu จุ่มลงไปในสารละลายกรดชนิดต่างๆ เช่น กรด HCl HNO₃ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร”

แนวการตอบ “ถ้าใช้ Al โลหะเกิดการผุกร่อนและเกิดแก๊สขึ้น แต่ถ้าใช้ Cu ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง”

คำถาม “สารละลายกรดผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร”

แนวการตอบ “ มีผลต่อปฏิกิริยา ถ้ามีความเข้มข้นมากขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น”

คำถาม “ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อปฏิกิริยา”

แนวการตอบ “ความเข้มข้น ปริมาตร ชนิดของโลหะ”

คำถาม “โลหะแต่ละชนิดจะให้อิเล็กตรอนได้เหมือนกับ Mg หรือไม่”

แนวการตอบ “ไม่”

1.4 จากนั้นครูให้นักเรียนเขียนตัวอย่างสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นในวิดีโอ แล้วร่วมกันอภิปรายว่าสมการที่น่าเสนอนั้นว่า ตัวไหนเป็นตัวให้หรือตัวรับอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาบ้าง

1.5 ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในวิดีโอเพื่อกระตุ้นการสืบเสาะหาความรู้กับนักเรียนอีกครั้ง ดังตัวอย่างคำถาม

“ถ้าเราใช้โลหะชนิดอื่น เช่น Al Cu Zn จุ่มลงไปในสารละลายกรดชนิดต่างๆ เช่น กรด HCl HNO₃ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร”

“นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรเพื่อศึกษาว่าโลหะแต่ละชนิดให้อิเล็กตรอนแตกต่างกันอย่างไร และโลหะชนิดใดที่ได้ดีกว่ากัน และไอออนของโลหะชนิดใดที่รับอิเล็กตรอนได้ดีกว่ากัน”

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 นักเรียนเรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 8 กลุ่ม ๆ ละ 5-6 คน โดยในกลุ่มจะประกอบไปด้วยนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน คละกันภายในกลุ่ม หลังจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกประธาน รองประธาน กรรมการ และเลขานุการกลุ่ม และจัดแบ่งหน้าที่โดยให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบงานของกลุ่มร่วมกัน เพื่อทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบ จากประเด็นที่สงสัย พร้อมตรวจสอบสมมติฐานการทดลอง

2.2 นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มทำการศึกษาค้นคว้าเนื้อหารายละเอียดในใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ ซึ่งสิ่งที่นักเรียนต้องเรียนรู้ได้แก่ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดซ์ในสมการรีดอกซ์ ตลอดจนความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ในปฏิกิริยารีดอกซ์ของโลหะแต่ละชนิด จากนั้นอ่านใบกิจกรรมที่ 2 การทดลอง เรื่อง “ตัวรับ ตัวให้อิเล็กตรอน” ใครดี ใครเด่น” เพื่อสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับ ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์

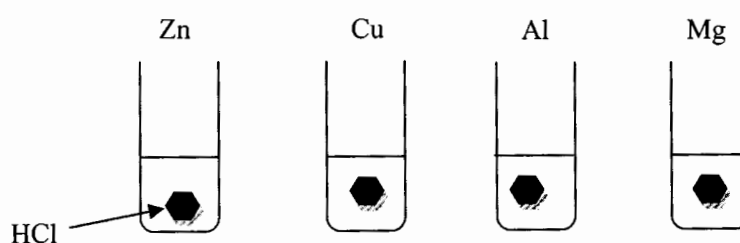
และดำเนินการวางแผนทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบ จากประเด็นที่สงสัย ตรวจสอบสมมติฐาน ในหัวข้อคำถามที่ว่า

คำถามกิจกรรมเพื่อสืบเสาะหาความรู้ : ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะและตัวออกซิไดซ์ของไอออนของโลหะ โดยเปรียบเทียบระหว่างโลหะชนิดต่าง ๆ กับสารละลายกรดที่กำหนดให้ (สังกะสีผงหลังคา Zn, ลวดทองแดง Cu, Mg, กระป๋องน้ำอัดลม, ตะปูเหล็ก Fe สารละลายกรดที่ใช้ คือ HCl, HNO_3 , น้ำส้มสายชู CH_3COOH)

ในการทดลองนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับอุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้ให้ในการทดลองดังนี้
อุปกรณ์และสารเคมี

- 1) หลอดทดลองพร้อมตะแกรง
- 2) โลหะที่ใช้ คือ สังกะสีผงหลังคา Zn, ลวดทองแดง Cu, Mg, กระป๋องน้ำอัดลม, ตะปูเหล็ก Fe
- 3) ปากคืบ
- 4) กระดาษทราย
- 5) กรรไกร
- 6) สารละลายกรดเข้มข้น 0.5M ของ HCl, HNO_3 และ CH_3COOH

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผน ออกแบบการทดลอง และดำเนินการทำการทดลองตามแผนที่วางไว้ เพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้น โดยออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง บันทึกผลแต่ละชุดการทดลอง วาดภาพแสดงผลการสังเกตผลการทดลอง พร้อมทั้งอภิปรายกันภายในกลุ่ม ดังแผนภาพที่ 1 ตัวอย่างสถิติการทดลองต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ตัวอย่างกิจกรรมการทดลองใครดีใครเด่น

ระหว่างที่ทำกิจกรรมครูต้องคอยกระตุ้นนักเรียนโดยการถามคำถามถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพื่อให้นักเรียนสงสัยและกระตุ้นการเรียนรู้ ครูถามเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ เช่น

“โลหะชนิดใดที่เกิดปฏิกิริยากับกรด HCl ได้ดี ว่องไวที่สุด ”

“การเปลี่ยนสารละลายกรดในการทดลองมีผลต่อผลการทดลองที่เกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร”

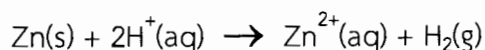
“ขนาดและน้ำหนักของโลหะมีผลต่อการทดลองหรือไม่ อย่างไร”

ครูต้องคอยดูแลและแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการทำการทดลอง ตลอดจนการออกแบบการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายเปรียบเทียบผลการสืบค้นและผลการทดลอง สรุปและอภิปรายกันภายในกลุ่ม โดยเขียนลงในกระดาษบุรุษหรือกระดาษปอนด์ที่เตรียมมาและนำผลงานกลุ่มไปติดที่กระดานหรือผนังห้องเพื่อเดินศึกษาร่วมกันทุกกลุ่ม (Gallery Walk) โดยประกอบด้วย ชื่อเรื่อง วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ตัวแปรที่ศึกษา การออกแบบการทดลอง วิธีการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ การบันทึกผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง

2.5 นักเรียนทุกกลุ่มร่วมกันร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง โดยครูถามคำถามและยกตัวอย่างผลการทดลองที่ได้ดังนี้

2.5.1 ถ้าเราใช้โลหะชนิดอื่น เช่น Al Cu Zn Al จุ่มลงไปนในสารละลายกรดชนิดต่างๆ เช่น กรด HCl HNO₃ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร (เมื่อเรานำโลหะแต่ละชนิด คือ Zn, Cu, Mg, Al, Pb, Fe จุ่มลงไปนในสารละลาย HCl ซึ่งมีไอออน H⁺ ในสารละลาย ผลที่เกิดขึ้นคือ จะเกิดฟองแก๊ส H₂ เกิดขึ้น โดยโลหะที่ให้ผลการทดลอง ได้แก่ Zn Mg Al Fe ส่วนโลหะ Cu ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากโลหะ Cu ไม่สามารถให้อิเล็กตรอนแก่ H⁺ ในสารละลายกรดได้ดีกว่า โดยการเกิดฟองแก๊สของโลหะให้อิเล็กตรอนสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ เช่น



2.5.2 โลหะชนิดใดที่เกิดปฏิกิริยากับกรด HCl ได้ดี(ใครดี)ที่สุด หรือเด่น(ใครเด่น)ที่สุด (โลหะ Mg แสดงว่า โลหะ Mg เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี และไอออนของโลหะ Mg คือ Mg²⁺ รับอิเล็กตรอนได้ดี)

2.5.3 สารละลายกรดผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร (สารละลายกรดที่ใช้ทดลองไม่มีผลต่อการทดลอง เนื่องจากในสารละลายกรดแต่ละชนิดแตกตัวให้ H⁺ เหมือนกันทำ

ให้ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน แต่ก็ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและการสังเกต และปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนัก ขนาดโลหะที่ใช้ทดลอง)

2.5.4 โลหะแต่ละชนิดจะให้อิเล็กตรอนได้เหมือนกับ Mg หรือไม่ (โลหะแต่ละชนิดให้อิเล็กตรอนได้แตกต่างกัน โดยโลหะ Mg ให้ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ Al Zn Fe และ Cu ตามลำดับ)

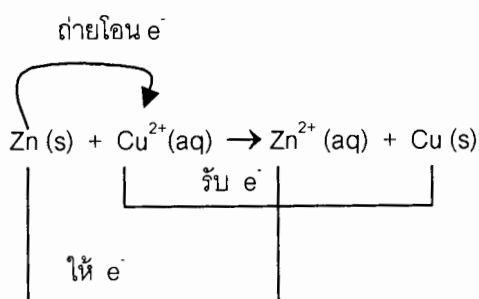
2.5.5 ขนาดและน้ำหนักของโลหะมีผลต่อการทดลองหรือไม่ อย่างไร (มีผลต่อการทดลอง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาของสารนั้นพื้นที่และน้ำหนักมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของสาร ดังนั้นถ้าโลหะมีขนาดเล็กเมื่อน้ำหนักเท่ากัน โลหะที่มีพื้นที่ผิวมาก หรือชิ้นเล็กจะสามารถทำปฏิกิริยาได้ดี หรือเกิดฟองแก๊สได้ดี สังเกตได้ชัดเจนกว่า)

2.6 นักเรียน ครูร่วมกันอภิปรายถึงความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ ดังนี้

“จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะเรียงลำดับได้ดังนี้ $Mg > Al > Zn > Fe > Cu$ และความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์เรียงลำดับได้ดังนี้ $Cu^{2+} > H^+ > Fe^{2+} > Zn^{2+} > Al^{3+} > Mg^{2+}$ ”

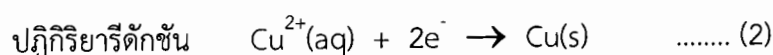
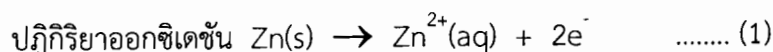
จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมโดยร่วมกันศึกษาจากคู่มือ เรื่อง Reaction of metals with strong acids จากนั้นครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ของโลหะในปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 จงพิจารณาปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Zn กับ Cu^{2+} ดังต่อไปนี้



ปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

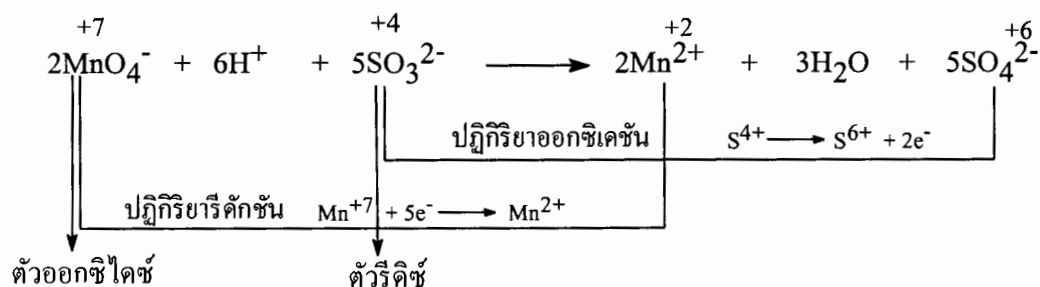
เขียนแยกเป็นปฏิกิริยาย่อย ดังนี้



ปฏิกิริยาที่ 1 เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพราะมีการให้อิเล็กตรอน โดยมี Zn ให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ตัวรีดิวซ์

ปฏิกิริยาที่ 2 เป็นปฏิกิริยารีดักชัน เพราะการรับอิเล็กตรอน โดยมี Cu^{2+} รับอิเล็กตรอน เรียกว่า ตัวออกซิไดซ์

ตัวอย่างที่ 2 จงพิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ในสมการเคมี



MnO_4^- เป็นตัวออกซิไดซ์ จะได้ว่า MnO_4^- ออกซิไดซ์ SO_3^{2-} แต่ถูกรีดิวซ์โดย SO_3^{2-} เป็นตัวรีดิวซ์ จะได้ว่า SO_3^{2-} รีดิวซ์ MnO_4^- แต่ถูกออกซิไดซ์โดย MnO_4^-

2.7 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้วอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1 ครูนำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปของผลการทดลอง และนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปสิ่งที่เรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อตอบคำถามที่สงสัยในจากผลที่เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

3.1.1 เมื่อเรานำโลหะแต่ละชนิด คือ Zn, Cu, Mg, Al, Pb, Fe จุ่มลงไปในสารละลายกรด HCl HNO_3 CH_3COOH ซึ่งมีไอออน H^+ ในสารละลาย ผลที่เกิดขึ้นคือ จะเกิดฟองแก๊ส H_2 เกิดขึ้น โดยโลหะที่ให้ผลการทดลอง ได้แก่ Zn Mg Al Fe ส่วนโลหะ Cu ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากโลหะ Cu ไม่สามารถให้อิเล็กตรอนแก่ H^+ ในสารละลายกรดได้ดีกว่า

3.1.2 ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะ เรียงลำดับได้ดังนี้ $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$ และความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์เรียงลำดับได้ดังนี้ $\text{Cu}^{2+} > \text{H}^+ > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+}$

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและทบทวนอีกครั้ง พร้อมทั้งนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งสามารถสรุปได้ถึงความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ดังต่อไปนี้

3.2.1 ปฏิกริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) คือ ปฏิกริยาที่มีการให้อิเล็กตรอนเกิดขึ้น โดยเรียกสารที่ให้อิเล็กตรอนว่า ตัวรีดิวซ์ (Reducer หรือ Reducing agent) หรือถูกออกซิไดส์

3.2.2 ปฏิกริยารีดักชัน (Reduction reaction) คือ ปฏิกริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนเกิดขึ้น โดยเรียกสารที่รับอิเล็กตรอนว่า ตัวออกซิไดส์ (Oxidizing agent) หรือถูกรีดิวซ์

3.2.3 ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ ปฏิกริยาระหว่างโลหะสังกะสีกับสารละลาย CuSO_4 และโลหะทองแดงกับสารละลาย ZnSO_4 ทำให้ทราบว่าความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะทั้งสองชนิดไม่เท่ากัน โดยโลหะสังกะสีให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าโลหะทองแดง และไอออนของโลหะนั้นๆ ก็มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนแตกต่างกัน โดย Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Zn^{2+} ลำดับความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนของสารแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ลำดับความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนของโลหะกับไอออนของโลหะ

ความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะ (ตัวรีดิวซ์)	ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของไอออน ของโลหะ (ตัวออกซิไดส์)
ยาก Cu(s) ↓ Zn(s) ↓ ง่าย	ง่าย $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ↓ $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ↓ ยาก

4. ขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 ครูอธิบายและพูดเชื่อมโยงถึงผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองในกิจกรรม “ตัวรับตัวให้อิเล็กตรอน” ที่ผ่านมาและการทำปฏิกริยาระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลายกรดต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับก่อนหน้านี้และเชื่อมโยงกับกิจกรรมที่ 3 โดยกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถาม เพื่อให้ นักเรียนเกิดความสงสัย และอยากรู้เพิ่มเติมถึงผลที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์หรือสถานการณ์การทดลองอื่น ๆ และ ชนิดของโลหะต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่สามารถนำมาทดสอบได้ เช่น

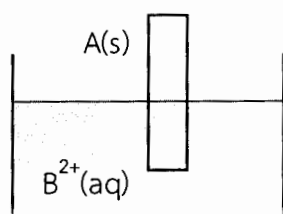
“ถ้าเราใช้โลหะอื่นๆ เช่น แผ่นอะลูมิเนียมจากกระป๋องชนิดต่างๆ จุ่มลงในสารละลายที่มีไอออน H^+ ของกรดนั้นอยู่ จะให้ผลการทดลองเป็นอย่างไร”

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับใบกิจกรรมและร่วมกันศึกษา ทำนายผลจากสถานการณ์หรือการทดลองที่กำหนดให้ เพื่อค้นหาคำตอบโดยใช้ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้มาก่อนนี้เพื่อทำนายผล คาดเดาคำตอบอย่างมีหลักการ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะเริ่มทดลองหรือเรียนรู้จากสถานการณ์จริงเพื่อสังเกตผลเปรียบเทียบกับขั้นการทำนาย และอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองเปรียบเทียบกับการทำนายในตอนแรก

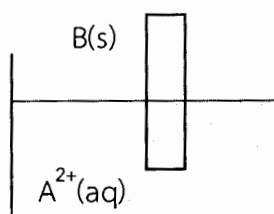
ขั้นทำนายผลการทดลอง (Predict) นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาและทำนายผลที่จะเกิดขึ้นในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ใครดี ใครเด่น เป็นตัววิเศษ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่ม จะทำนายผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนการทดลองลงในแบบบันทึกผล เพื่อเปรียบเทียบการทดลองในภายหลังว่าสอดคล้องกับการทดลอง การสังเกตผลที่เกิดขึ้นจริงหรือไม่ ดังตัวอย่างชุดสาธิตการทดลองดังนี้

คำถามการทดลอง : นักเรียนคิดว่าถ้าเราทำการทดลองต่อไปนี้ โดยนำโลหะจุ่มลงในสารละลายที่มีไอออนของโลหะ ให้ผลดังภาพที่ 2

ตอนที่ 1

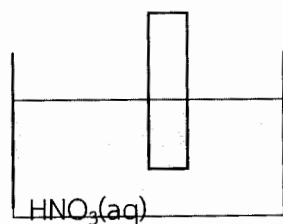


ชุดที่ 1 ผลการทดลอง (-)

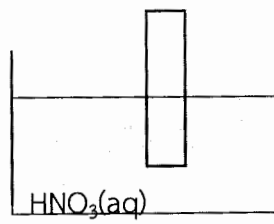


ชุดที่ 2 ผลการทดลอง (+)

เมื่อนำโลหะมาทดลองทั้งสองชนิด มาทดลองต่อ โดยจุ่มลงในกรด HNO_3 ผลที่เกิดขึ้นนักเรียนคิดว่าเป็นอย่างไร และชุดการทดลองใดเป็นโลหะ A และการทดลองใดเป็นโลหะ B



ชุดที่ 3 เกิดฟองแก๊สขึ้นอย่างรวดเร็ว



ชุดที่ 4 เกิดฟองแก๊สเล็กน้อย ช้า

ตอนที่ 2

เมื่อนำโลหะอะลูมิเนียมสองชนิด คือ กระป๋องปลา กระป๋องน้ำผลไม้ มาทดลอง โดยจุ่มลงในกรดน้ำมะนาว ผลที่เกิดขึ้นนักเรียนคิดว่าเป็นอย่างไร



ขั้นการทดลองเพื่อสังเกตผล (Observe)

โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง พร้อมกับบันทึกผลสังเกตที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับผลจากการทำนายในขั้นแรกว่าแตกต่างกัน หรือเหมือนกันหรือไม่อย่างไร โดยทำการบันทึกผลแบบบันทึกผลการทดลอง พร้อมทั้งอภิปรายกันภายในกลุ่ม

หมายเหตุ ในขั้นตอนการสังเกตอาจให้นักเรียนดูวิดีโอก็ได้

ขั้นการอธิบายผล (Explain)

1) นักเรียนและครูร่วมกันอธิบายผลที่เกิดจากการทำนายและการสังเกตการณ์ทดลองที่เกิดขึ้น โดยให้ตัวแทนในแต่ละกลุ่มนำเสนอผลที่บันทึกในขั้นทำนาย และขั้นการสังเกต พร้อมอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง

2) ครูอธิบายพร้อมเหตุผลประกอบการทดลองที่เกิดขึ้นพร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่เกิดขึ้นเพิ่มเติมในแบบบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรม ดังตัวอย่าง

2.1) เมื่อเราจุ่มโลหะ A ลงในสารละลาย B^{2+} ผลการทดลองที่เกิดขึ้นไม่เปลี่ยน แต่เมื่อจุ่มโลหะ B ลงในสารละลาย A^{2+} เกิดการเปลี่ยนที่ขึ้นโลหะและสารละลายเกิดขึ้น แสดงว่าโลหะ B ให้อิเล็กตรอนได้ดีหรือเด่นกว่าโลหะ A นั่นคือโลหะ B ตัวรีดิวซ์ที่ดีหรือมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่าโลหะ A นั่นเอง

2.2) และเมื่อจุ่มโลหะทั้งสองลงในสารละลายกรด ผลที่เกิดขึ้นทั้งสองชุดการทดลองเกิดฟองแก๊สขึ้น โดยที่ชุดที่ 3 เป็นชุดที่มีโลหะ B จุ่มลงไปในการทดลอง ส่วนชุดที่ 4 เป็น โลหะ A ที่จุ่มอยู่ในสารละลายกรด เนื่องจากโลหะ B ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าโลหะ A ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็วกว่าเห็นฟองแก๊สชัดเจนกว่า

2.3) เมื่อจุ่มโลหะอะลูมิเนียมที่ได้จากกระป๋องปลา และกระป๋องน้ำผลไม้ จะให้ผลเหมือนกันคือ เกิดฟองแก๊สเกิดขึ้น แต่ที่แตกต่างกันคือ ความว่องไวของโลหะทั้งสองอย่างจะ

แตกต่างกันทั้งที่เป็นโลหะชนิด แต่เนื่องวัสดุที่นำมาอาจไม่บริสุทธิ์ 100% โดยอาจจะมีการเติมบางอย่างผสมลงไปโลหะทำให้ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงและคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงบ้าง

5. ชั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 นักเรียนทุกคนทำใบงานและแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันเฉลยแบบทดสอบ นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ครูยกย่องชมเชย ส่วนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ให้กลับไปทบทวนความรู้ใหม่ แล้วเขียนสรุปความมาให้ครูอ่านในคาบต่อไป

5.2 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้เพิ่มเติม พร้อมกับให้ลองไปทำนายผลการทดลองเพิ่มเติม และทำใบงานเพิ่มเติมเพื่อทบทวนความรู้ที่ได้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1 ขวนสงสัย ใคร่อยากรู้กับตัวรับตัวให้อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น
 2. ใบกิจกรรมที่ 2 การทดลอง เรื่อง ตัวรับ ตัวให้อิเล็กตรอน) ใครดีใครเด่น
 3. ใบกิจกรรมที่ 3 ใครดี ใครเด่น เป็นตัวรีดิวซ์
 4. ใบความรู้ เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์
 5. ใบงานที่ 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์
 6. ใบงานที่ 2 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์
 7. แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์
- จำนวน 5 ข้อ
8. อุปกรณ์และสารเคมี
 9. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 4
 10. วิดีโอ เรื่อง Single Displacement Mg and HCl
 11. วิดีโอ เรื่อง Reaction of Metals with Strong Acids
 12. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 13. แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร
2. ห้องปฏิบัติการเคมีโรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร
3. อินเทอร์เน็ตที่เว็บไซต์ <http://www.youtube.com/watch?v=OBdgeJFzSec>
4. อินเทอร์เน็ตที่เว็บไซต์ <http://www.youtube.com/watch?v=Ud6lGRtGYy>

เกณฑ์การประเมินผล

การวัดและประเมินผล	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้	1. การทำใบงาน ใบกิจกรรม 2. การสรุปผลงานกลุ่ม 3. การนำเสนอผลงาน 4. การตอบคำถาม 5. วัดจากการตรวจแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน	1. ใบงาน และใบกิจกรรม 2. แบบสรุปหรือรายงานผลการทดลอง 3. แบบทดสอบก่อน -หลังเรียน ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก	1. ทำได้ถูกต้อง 80% ขึ้นไป/ได้คะแนนอยู่ในระดับ 2 หรือ ดี ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	แบบประเมินทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์/รายงานผลการทดลอง	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านจิตวิทยาาสตร์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ ตั้งใจเรียน และรับผิดชอบต่องาน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล การนำเสนอผลงาน(ครูและเพื่อนประเมินเพื่อน)	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

เกณฑ์การวัดและให้คะแนนแบบทดสอบ ใบกิจกรรม

ตอบถูก ให้ 1 คะแนน

ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนการตอบคำถามในใบกิจกรรม

ข้อถูก ให้ 2 คะแนน

ข้อผิด ให้ 1 คะแนน

ไม่ทำ ให้ 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมินผลคะแนนแบบทดสอบและใบกิจกรรม ดังนี้

คะแนน คะแนนร้อยละ 80-100 เกณฑ์ ดีมาก

คะแนน คะแนนร้อยละ 60-79 เกณฑ์ ดี

คะแนน คะแนนร้อยละ 40-59 เกณฑ์ พอใช้

คะแนน คะแนนร้อยละ 0-39 คะแนน ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินพฤติกรรม ทักษะกระบวนการที่ต้องการเน้น โดยยึดเกณฑ์การให้
คะแนนและประเมินผลดังนี้

ระดับ 3 คะแนนร้อยละ 80-100 เกณฑ์ ดีมาก

ระดับ 2 คะแนนร้อยละ 60-79 เกณฑ์ พอใช้

ระดับ 1 คะแนนร้อยละ 0-59 เกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ความคิดเห็นของผู้บังคับบัญชา

ความเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการ เรียนวิทยาศาสตร์	ความเห็นหัวหน้ากลุ่ม บริหารงานวิชาการ	ความเห็นรองผู้อำนวยการ โรงเรียน
.....		
.....		
.....		
ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
()	()	()

ความเห็นของผู้บริหารโรงเรียน

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

()

ผู้อำนวยการโรงเรียน

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

บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้บันทึก ครูสนทยา บังพรม วันที่บันทึก

1. การดำเนินการจัดการเรียนรู้ () เป็นไปตามแผน
() ไม่ เป็นไปตามแผน

2. บรรยากาศระหว่างการเรียนรู้

.....

.....

.....

3. สรุปผลการจัดการเรียนรู้ด้านความรู้

จำนวนนักเรียนที่ผ่านการประเมิน คน คิดเป็นร้อยละ

จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่าน การประเมิน คนคิดเป็นร้อยละ

4. ด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

.....

5. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

6. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

7. แนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

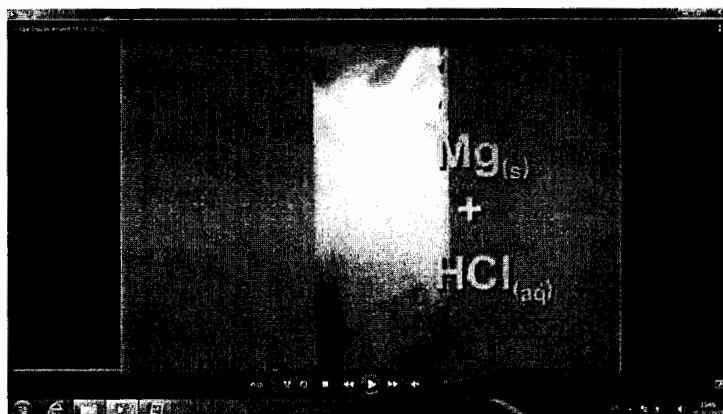
(ครูสนทยา บังพรม)

ใบกิจกรรมที่ 1 ขวนสงสัยใคร่อยากรู้กับ “ตัวรับตัวให้อิเล็กตรอน)ใครดีใครเด่น”

ขวนสงสัยใคร่อยากรู้

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

ภาพตัวอย่างวิดีโอ



1. จากวิดีโอ เรื่อง Single Displacement Mg and HCl มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อปฏิกิริยา

2. สารละลายกรดผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร

3. โลหะแต่ละชนิดจะให้อิเล็กตรอนได้เหมือนกับ Mg หรือไม่

4. ถ้าเราใช้โลหะชนิดอื่น เช่น Al Cu Zn จุ่มลงในสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรด HCl HNO_3 ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

รายงานผลการทดลอง
กิจกรรมที่ 2 “ตัวรับ ตัวให้(อิเล็กตรอน) ใครดี ใครเด่น”

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

สมาชิกในกลุ่มที่.....ชั้น ม.....

1. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

คำถามกิจกรรมเพื่อสืบเสาะหาความรู้: ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะและตัวออกซิไดซ์ของไอออนของโลหะ โดยเปรียบเทียบระหว่างโลหะชนิดต่าง ๆ กับสารละลายกรดที่กำหนดให้ (โลหะที่ใช้ คือ สังกะสีผงหลังคา Zn ลวดทองแดง Cu Mg กระป๋องน้ำอัดลม ตะปูเหล็ก Fe สารละลายกรดที่ใช้ คือ HCl HNO₃ น้ำส้มสายชู CH₃COOH)

วัตถุประสงค์การทดลอง

.....

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

.....

สมมติฐานการทดลอง

.....

ตัวแปรที่ศึกษา

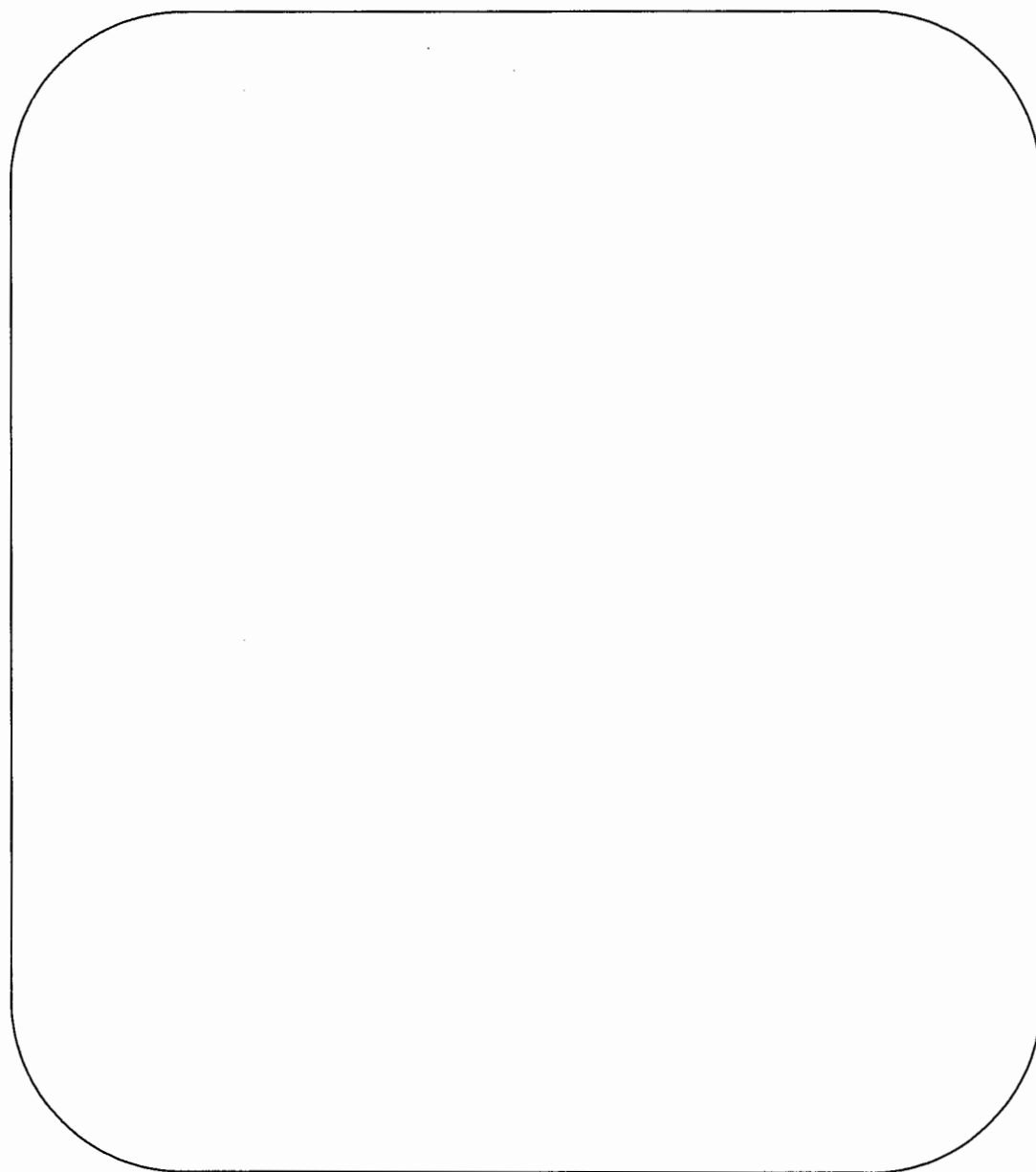
ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วิธีการทดลอง

(ในการออกแบบวิธีการทดลอง นักเรียนสามารถเขียนเป็นรูปแบบ Flow chat วาดภาพ หรือรูปแบบอื่นๆที่เข้าใจง่ายเพิ่มเติมได้)

A large, empty rounded rectangular box with a black border, intended for students to draw or write their experimental procedures. The box is vertically oriented and occupies most of the lower half of the page.

ตัวอย่างบันทึกผลการทดลอง

(ให้นักเรียนเลือกและออกแบบรูปแบบการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมตามชนิดของข้อมูลการทดลอง ซึ่งอาจเป็น ตาราง กราฟ การเขียนบรรยาย เป็นต้น)

สารละลายกรด	โลหะ			การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	ชนิดโลหะ	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	โลหะ	สารละลาย
HCl	Fe				
	Mg				
	Cu				
	Al				

อภิปรายผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. โลหะชนิดใดที่เกิดปฏิกิริยากับกรด HCl ได้ดี(ไครดี)ที่สุด หรือเด่น(ไครเด่น)ที่สุด

.....

.....

.....

2. สารละลายกรดผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. โลหะแต่ละชนิดมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนได้เหมือนกันหรือไม่

.....

.....

.....

4. ขนาดและน้ำหนักของโลหะมีผลต่อการทดลองหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

5. นอกจากขนาด น้ำหนัก สารละลายกรดที่มีผลต่อปฏิกิริยาแล้ว การเติมสารบางอย่างหรือ ส่วนผสมในโลหะที่เติมลงไปเพื่อป้องกันสนิมหรือคุณสมบัติพิเศษอื่น ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

6. จากการทดลองเรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะได้อย่างไร

.....

.....

.....

7. จากการทดลองเรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ของไอออนของโลหะได้อย่างไร

.....

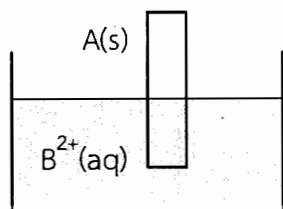
.....

ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ใครดีใครเด่น เป็นตัววิเศษ

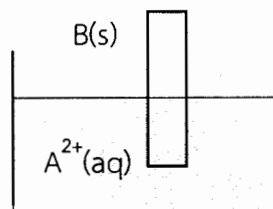
ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น ม.....เลขที่.....

คำถามการทดลอง : นักเรียนคิดว่าถ้าเราทำการทดลองต่อไปนี้ โดยนำโลหะจุ่มลงในสารละลายที่มีไอออนของโลหะ ให้ผลดังรูป

ตอนที่ 1

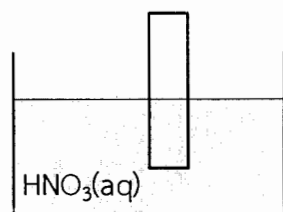


ชุดที่ 1 ผลการทดลอง (-)

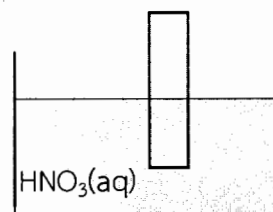


ชุดที่ 2 ผลการทดลอง (+)

เมื่อนำโลหะมาทดลองทั้งสองชนิด มาทดลองต่อ โดยจุ่มลงในกรด HNO_3 ผลที่เกิดขึ้นนักเรียนคิดว่าเป็นอย่างไ และชุดการทดลองใดเป็นโลหะ A และการทดลองใดเป็นโลหะ B



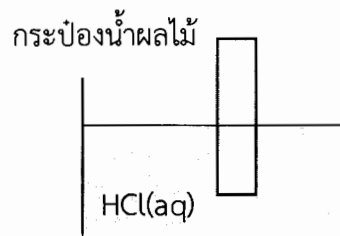
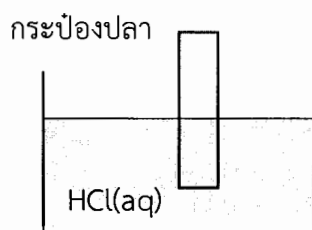
ชุดที่ 3 เกิดฟองแก๊สขึ้นอย่างรวดเร็ว



ชุดที่ 4 เกิดฟองแก๊สเล็กน้อย ช้า

ตอนที่ 2

เมื่อนำโลหะอะลูมิเนียมสองชนิด คือ กระป๋องปลา กระป๋องน้ำผลไม้ มาทดลอง โดยจุ่มลงในกรดน้ำมะนาว ผลที่เกิดขึ้นนักเรียนคิดว่าเป็นอย่างไ



ขั้นทำนาย (Predict):

ผลจากการทำนาย

.....

.....

.....

อธิบายผลจากการทำนาย

.....

.....

.....

ขั้นสังเกต (Observe): ให้นักเรียนดูวิดีโอหรือชุดสาริตแล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น

ผลจากการสังเกต

.....

.....

.....

อธิบายผลจากการสังเกต

.....

.....

.....

ขั้นอธิบาย (Explain):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

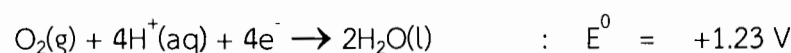
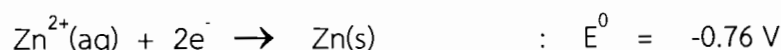
แบบทดสอบวัดความเข้าใจมนต์วิทยศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี

แบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนติวิทยาศาสตร์
รายวิชา เคมีเพิ่มเติม
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
รหัสวิชา ว30225
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เวลา 60 นาที
คะแนนเต็ม 60 คะแนน

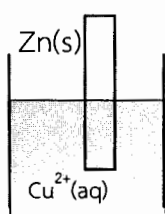
คำชี้แจง: ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัย มีทั้งหมด 30 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นข้อสอบแบบปรนัย ให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว ส่วนที่สอง เป็นส่วนการให้เหตุผลในการตอบส่วนแรก ซึ่งเป็นแบบปรนัยและให้เขียนตอบเพื่อแสดงเหตุผล

คำสั่ง: จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ตัวเลือก โดยวงกลม O ล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด และเขียนให้เหตุผลประกอบในส่วนที่สอง

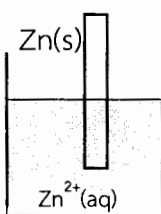
กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานที่ 25°C ให้ดังนี้ เพื่อใช้ในการทำแบบทดสอบ



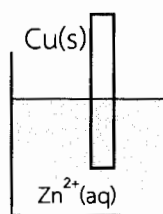
1. (ความเข้าใจ) จากสถานการณ์การทดลองต่อไปนี้



ชุดที่ 1



ชุดที่ 2



ชุดที่ 3

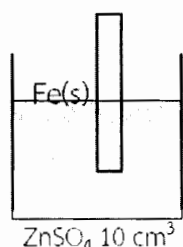
จากการทดลองข้างต้น ชุดการทดลองใดบ้างที่จะเกิดปฏิกิริยาหรือมีการเปลี่ยนแปลง

- ก. ชุดที่ 1 เท่านั้น ข. ชุดที่ 2 เท่านั้น
ค. ชุดที่ 3 เท่านั้น ง. ชุดที่ 1 และ 3

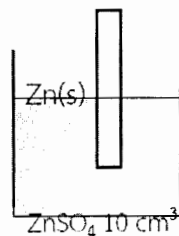
เหตุผลที่ตอบ

เพราะ

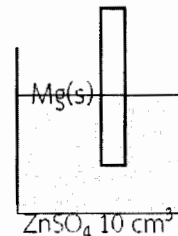
2. (ความเข้าใจ) จากการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลาย โดยทดลองจุ่มโลหะชนิดต่างๆลงในสารละลาย ZnSO_4 การทดลองใดที่จะเกิดปฏิกิริยาหรือมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น



ก. ชุดที่ 1



ข. ชุดที่ 2



ค. ชุดที่ 3

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

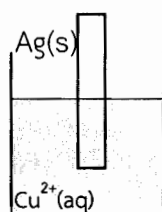
ก. โลหะที่จุ่มมีค่าศักย์ไฟฟ้าที่ต่ำกว่าไอออนโลหะในสารละลาย ทำให้โลหะกร่อน
เนื่องจาก มีการให้อิเล็กตรอนแก่สารละลาย

ข. โลหะที่จุ่มมีค่าศักย์ไฟฟ้าที่สูงกว่าไอออนโลหะในสารละลาย ทำให้โลหะหนาขึ้น
เนื่องจาก มีการรับอิเล็กตรอนจากสารละลาย

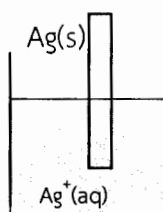
ค. โลหะที่จุ่มมีค่าศักย์ไฟฟ้าที่เท่ากับไอออนโลหะในสารละลาย ทำให้โลหะและ
สารละลายไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจาก มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างกัน

ง. โลหะที่จุ่มมีค่าศักย์ไฟฟ้าที่ต่ำกว่าไอออนโลหะในสารละลาย ทำให้โลหะหนาขึ้น
เนื่องจาก มีการรับอิเล็กตรอนจากสารละลาย

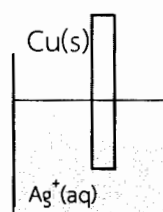
3. (ความเข้าใจ) จากสถานการณ์การทดลองต่อไปนี้



ชุดที่ 1



ชุดที่ 2



ชุดที่ 3

จากการทดลองข้างต้น ชุดการทดลองใดบ้างที่จะไม่เกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอน

- ก. ชุดที่ 2 เท่านั้น ข. ชุดที่ 1 และ 2
ค. ชุดที่ 1 และ 3 ง. ชุดที่ 2 และ 3

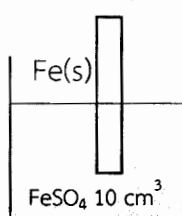
เหตุผลที่ตอบ

เพราะ

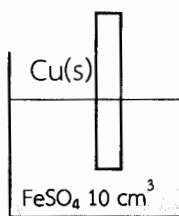
.....

.....

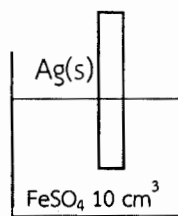
4. (การนำไปใช้) จากสถานการณ์การทดลองต่อไปนี้



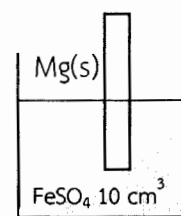
ชุดที่ 1



ชุดที่ 2



ชุดที่ 3



ชุดที่ 4

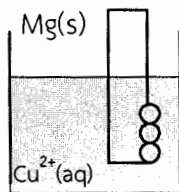
ถ้านักเรียนต้องการศึกษาดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับชิ้นโลหะควรเลือกการทดลองชุดใด

- ก. ชุดที่ 1 ข. ชุดที่ 2
ค. ชุดที่ 3 ง. ชุดที่ 4

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. โลหะนั้นหนาขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากการสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย
ข. โลหะนั้นกร่อนและบางลง เนื่องจากโลหะรับอิเล็กตรอนกับไอออนในสารละลาย
ค. โลหะนั้นกร่อนและบางลง เนื่องจากโลหะให้อิเล็กตรอนกับไอออนในสารละลาย
ง. โลหะนั้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เนื่องจากไอออนในสารละลายให้อิเล็กตรอน

5. (ความเข้าใจ) เมื่อจุ่มโลหะ Mg ลงในสารละลายที่มี Cu^{2+} ดังรูป



ไอออน Cu^{2+} ในสารละลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. เท่าเดิม

เหตุผลเพราะ

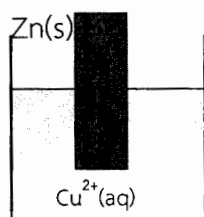
ก. Cu^{2+} เสียอิเล็กตรอนกลายเป็น Cu

ข. Cu ให้อิเล็กตรอนกลายเป็น Cu^{2+}

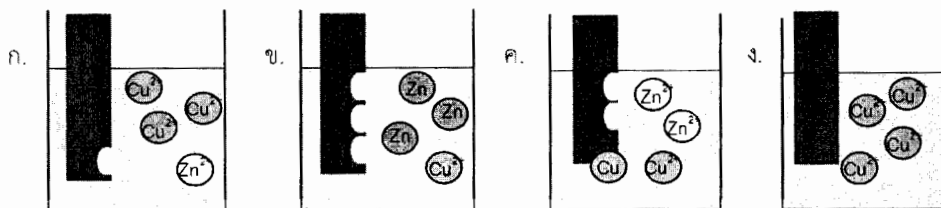
ค. Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนกลายเป็น Cu

ง. Cu และ Cu^{2+} มีการให้และรับอิเล็กตรอนเท่ากัน

6. (ความเข้าใจ) จากการทดลองการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของโลหะกับไอออนของโลหะในสารละลาย ดังรูป



โลหะและไอออนในสารละลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังแผนภาพในข้อใด



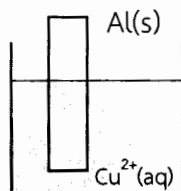
เหตุผลที่ตอบ

เพราะ

.....

.....

7. (การนำไปใช้) จากสถานการณ์การทดลอง ถ้านักเรียนทำการจุ่มโลหะ Al ลงในสารละลาย CuSO_4 และทิ้งไว้นาน 15 นาที ดังรูป



การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับการทดลอง CuSO_4 ดังกล่าว ควรเป็นไปตามข้อใด

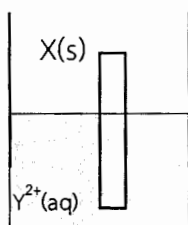
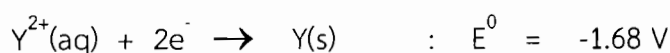
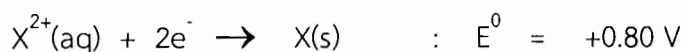
- ก. สารละลายมีสีจางลง
- ข. สารละลายมีสีฟ้าเข้มข้น
- ค. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดเลย

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

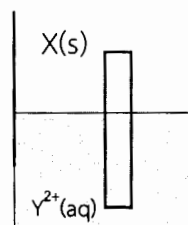
- ก. ไอออน Cu^{2+} ในสารละลายกลายเป็นโลหะ Cu
- ข. Al ให้อิเล็กตรอน ทำให้มีไอออน Al^{3+} ในสารละลายเพิ่มขึ้น
- ค. ในสารละลายมีไอออน Cu^{2+} เพิ่มขึ้น
- ง. โลหะและไอออนในสารละลายไม่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน

8. (การวิเคราะห์) จากการทดลองเมื่อจุ่มโลหะ X ลงในสารละลาย YSO_4 เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 15 นาที ดังรูป

กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันให้ดังนี้



เริ่มต้น



ทิ้งไว้ 15 นาที สิ้นสุด

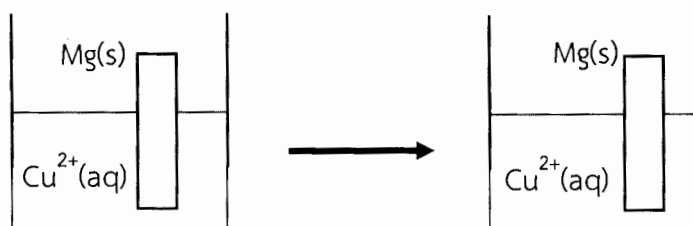
ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ข้างต้น

- ก. โลหะ X เกิดการผุกร่อน
- ข. มีสาร Y มาเกาะที่โลหะ X
- ค. เกิดสาร Y ขึ้นและตกตะกอน
- ง. ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

9. (การวิเคราะห์) จากศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ผู้ทำการทดลองต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโลหะ โดยก่อนเริ่มการทดลองผู้ทำการทดลองได้ชั่งโลหะ ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้นของ Mg ที่ชั่งได้คือ 2.40 กรัม เมื่อเวลาผ่าน 30 นาที ผู้ทดลองนำโลหะ Mg มาชั่งอีกครั้ง เพื่อต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโลหะนั้นๆ ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับผลการทดลองที่ได้



เริ่มต้น

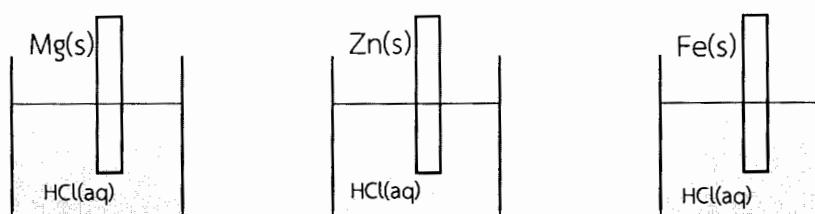
ทิ้งไว้ 30 นาที สิ้นสุด

- ก. น้ำหนัก Mg เท่าเดิม
- ข. น้ำหนัก Mg ที่ชั่งได้น้อยกว่า 2.40 กรัม
- ค. น้ำหนัก Mg ที่ชั่งได้มากกว่า 2.40 กรัม

เหตุผลเพราะ

- ก. โลหะ Mg มีการรับอิเล็กตรอนจาก Cu^{2+}
- ข. Cu^{2+} มีการให้อิเล็กตรอนแก่ Mg
- ค. Mg เสียอิเล็กตรอนให้ Cu^{2+}
- ง. ไม่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนเกิดขึ้น

10. (ความเข้าใจ) จากสถานการณ์การทดลองจุ่มโลหะลงในสารละลายกรด HCl 1M ดังต่อไปนี้



ชุดที่ 1

ชุดที่ 2

ชุดที่ 3

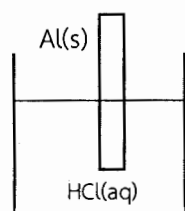
จากการทดลองข้างต้น ชุดการทดลองใดมีการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นโลหะมากที่สุด

- ก. ชุดที่ 1
- ข. ชุดที่ 2
- ค. ชุดที่ 3
- ง. ทุกชุดไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆเลย

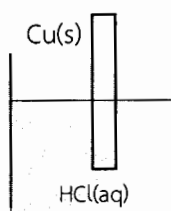
เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. โลหะแต่ละชนิดไม่สามารถให้อิเล็กตรอนกับไอออนสารละลายได้
- ข. ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันของโลหะมีค่าสูงที่สุด และโลหะสามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีที่สุด
- ค. ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันของโลหะมีค่าต่ำที่สุด และโลหะสามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีที่สุด
- ง. ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันของโลหะมีค่าต่ำที่สุด และโลหะสามารถรับอิเล็กตรอนได้ดีที่สุด

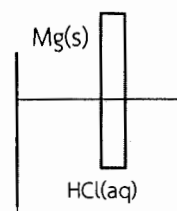
11. (ความเข้าใจ) ทำการทดลองจุ่มโลหะลงในสารละลายกรด HCl 1M ดังต่อไปนี้



ชุดที่ 1



ชุดที่ 2



ชุดที่ 3

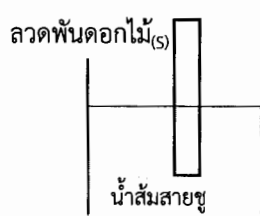
จากการทดลองข้างต้น โลหะในชุดการทดลองใดมีความว่องไวและเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีที่สุด

- ก. ชุดที่ 1
- ข. ชุดที่ 2
- ค. ชุดที่ 3
- ง. ทุกชุดการทดลองเท่ากัน

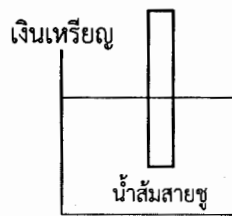
เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

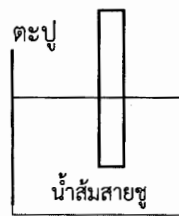
12. (การนำไปใช้) ถ้านักเรียนต้องการศึกษาความว่องไวและความสามารถในการรีดิวซ์ของโลหะที่ดีที่สุด นักเรียนจะเลือกโลหะในการทดลองชุดใดเพื่อทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู



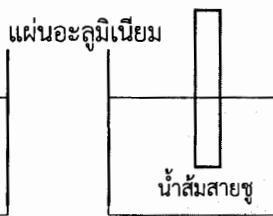
ก



ข



ค



ง

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

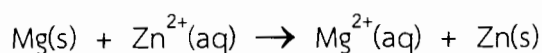
ก. โลหะนั้นมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำที่สุด จึงให้อิเล็กตรอนได้ง่ายและเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด

ข. โลหะนั้นมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันสูงที่สุด จึงให้อิเล็กตรอนได้ง่ายและเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด

ค. โลหะนั้นมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันสูงที่สุด จึงรับอิเล็กตรอนได้ง่ายและเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด

ง. โลหะนั้นมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำที่สุด จึงรับอิเล็กตรอนได้ง่ายและเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด

13. (ความเข้าใจ) จากสมการของเซลล์ต่อไปนี้



ถ้าปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเองได้ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. Mg เป็นตัวรีดิวซ์ ส่วน Zn เป็นตัวออกซิไดส์

ข. Zn เป็นตัวรีดิวซ์ ส่วน Mg^{2+} เป็นตัวออกซิไดส์

ค. Mg^{2+} เป็นตัวรีดิวซ์ ส่วน Zn^{2+} เป็นตัวออกซิไดส์

ง. Mg เป็นตัวรีดิวซ์ ส่วน Zn^{2+} เป็นตัวออกซิไดส์

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

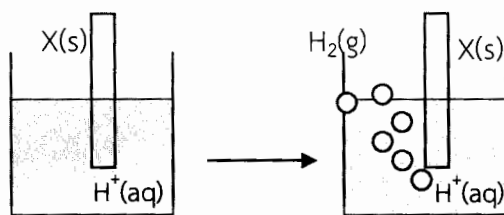
ก. ตัวรีดิวซ์ เป็นสารที่มีการให้อิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง ส่วนตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

ข. ตัวรีดิวซ์ เป็นสารที่มีการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง ส่วนตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการให้อิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

ค. ตัวรีดิวซ์ เป็นสารที่มีการให้อิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ส่วนตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง

ง. ตัวรีดิวซ์ เป็นสารที่มีการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ส่วนตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการให้อิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง

14. (การวิเคราะห์) จากรูปที่กำหนดให้ เกิดปฏิกิริยาดังสมการ $X(s) + 2H^+(aq) \rightarrow X^{2+}(aq) + H_2(g)$ จากการทดลอง สารใดเป็นตัวออกซิไดส์



- ก. $X(s)$
- ข. $H^+(aq)$
- ค. $X^{2+}(aq)$
- ง. $H_2(g)$

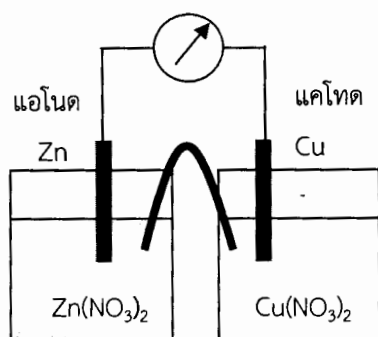
เริ่มต้น

ผ่านไป 5 นาที

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. ตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น
- ข. ตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการให้อิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น
- ค. ตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง
- ง. ตัวออกซิไดส์ เป็นสารที่มีการให้อิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง

15. (การวิเคราะห์) ในการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างเซลล์ $Zn(s) | Zn^{2+}(aq)$ กับ $Cu(s) | Cu^{2+}(aq)$ ดังแผนภาพไอออนบวกในสารละลายแต่ละขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

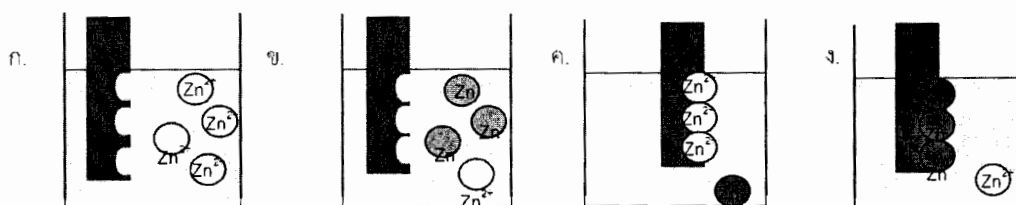
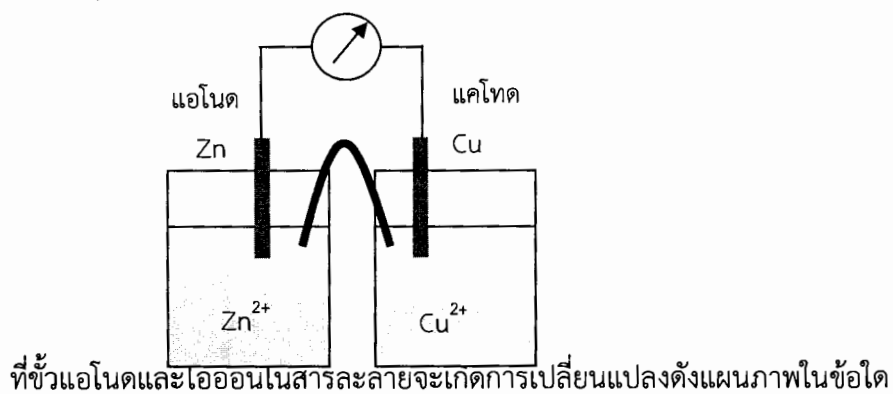


- ก. Cu^{2+} เพิ่มขึ้น ส่วน Zn^{2+} ลดลง
- ข. Cu^{2+} ลดลง ส่วน Zn^{2+} เพิ่มขึ้น
- ค. ทั้ง Cu^{2+} และ Zn^{2+} เพิ่มขึ้น
- ง. ทั้ง Cu^{2+} และ Zn^{2+} เท่าเดิม

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. เมื่อเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างครึ่งเซลล์จะเกิดความสมดุลระหว่างไอออน Cu^{2+} และ Zn^{2+}
- ข. Zn ที่แอโนด ให้อิเล็กตรอนเกิดเป็น Zn^{2+} และ Cu ที่แคโทด รับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Cu^{2+}
- ค. Zn^{2+} ที่แอโนด รับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Zn และ Cu ที่แคโทด ให้อิเล็กตรอนเกิดเป็น Cu^{2+}
- ง. Zn ที่แอโนด ให้อิเล็กตรอนเกิดเป็น Zn^{2+} และ Cu^{2+} ที่แคโทด รับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Cu

16. (การวิเคราะห์) จากเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อที่ 16-17



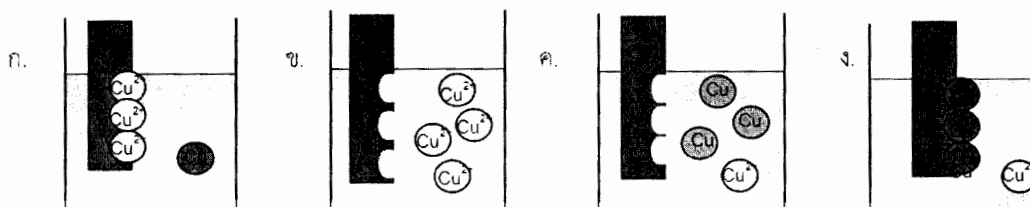
เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

.....

.....

17. (การวิเคราะห์) การเปลี่ยนแปลงของไอออนในสารละลายที่ขั้วแคโทดจะมีการเปลี่ยนแปลงดังข้อใด



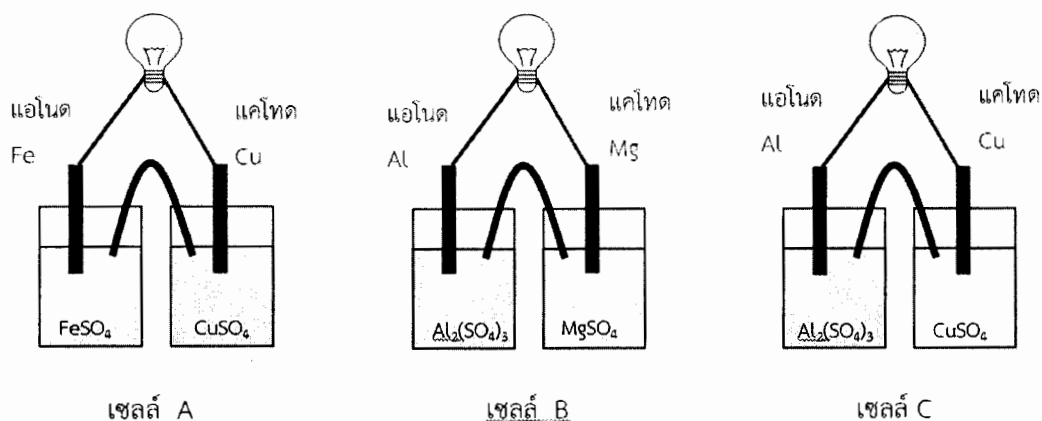
เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

.....

.....

18. (การวิเคราะห์) กำหนดเซลล์กัลวานิกให้ดังแผนภาพต่อไปนี้



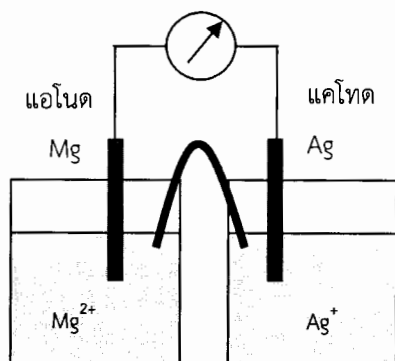
ข้อใดมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด

- ก. เซลล์ A เท่านั้น ข. เซลล์ A และ B
ค. เซลล์ B และ C ง. เซลล์ A และ C

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. โลหะที่ขั้วไฟฟ้าแอโนดมีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าโลหะที่ขั้วไฟฟ้าแคโทด
ข. โลหะที่ขั้วไฟฟ้าแอโนดมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าโลหะที่ขั้วไฟฟ้าแคโทด
ค. โลหะที่ขั้วไฟฟ้าแอโนดมีค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับโลหะที่ขั้วไฟฟ้าแคโทด

19. (การวิเคราะห์) จากการทดลองเซลล์กัลวานิก ผู้ทำการทดลองต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ขั้วไฟฟ้าโดยก่อนเริ่มการทดลองผู้ทำการทดลองได้ชั่งโลหะ ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้นของ Mg และ Ag ที่ชั่งได้คือ 2.00 กรัม เท่ากัน เมื่อเวลาผ่าน 15 นาที ผู้ทดลองนำโลหะมาชั่งอีกครั้ง ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับผลการทดลองที่ขั้วแคโทด



- ก. น้ำหนัก Ag เท่าเดิม
ข. น้ำหนัก Ag ลดลง
ค. น้ำหนัก Ag เพิ่มขึ้น

เหตุผลที่ตอบเพราะ

- ก. โลหะ Ag มีการรับอิเล็กตรอนจาก Mg
- ข. Ag^+ มีการให้อิเล็กตรอนแก่ Ag ทำให้หนาขึ้น
- ค. Ag^+ มีการรับอิเล็กตรอนจาก Mg เกิดเป็นโลหะ Ag
- ง. ไม่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างแอโนดไปยังแคโทด

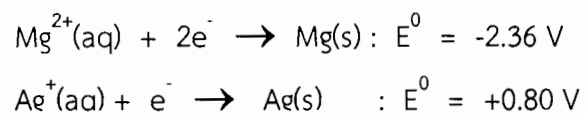
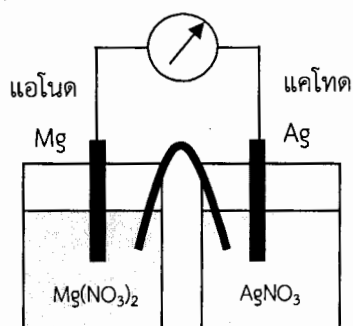
20. (ความเข้าใจ) จาก $\text{Mg(s)} + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe(s)}$ เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้อย่างไร

- ก. $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) | \text{Mg(s)} || \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) | \text{Fe(s)}$
- ข. $\text{Mg(s)} | \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) || \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) | \text{Fe(s)}$
- ค. $\text{Mg(s)} | \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) || \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) | \text{Fe(s)}$
- ง. $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) | \text{Fe(s)} || \text{Mg(s)} | \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$

เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

21. (การวิเคราะห์) จากเซลล์กัลวานิกดังแผนภาพค่าศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้มีค่าเท่าใด



- ก. -1.56 V ข. +1.56 V
- ค. -3.16 V ง. +3.16 V

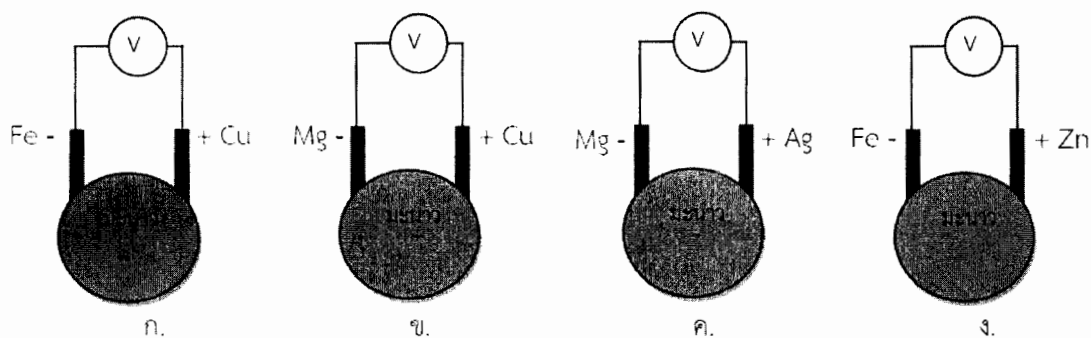
เหตุผลที่ตอบ เพราะ (แสดงวิธีทำ)

.....

.....

.....

22. (การนำไปใช้) เซลล์ไฟฟ้าจากผลไม้นี้ เซลล์ใดที่ทำให้เข็มโวลต์มิเตอร์เบนจากขีดศูนย์มากที่สุด



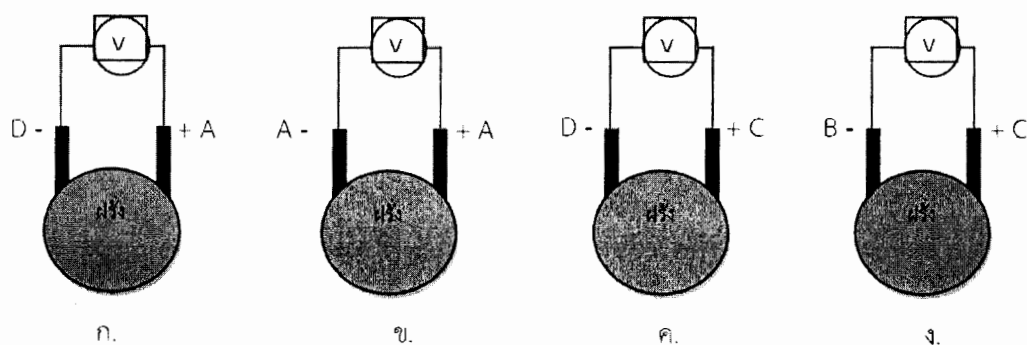
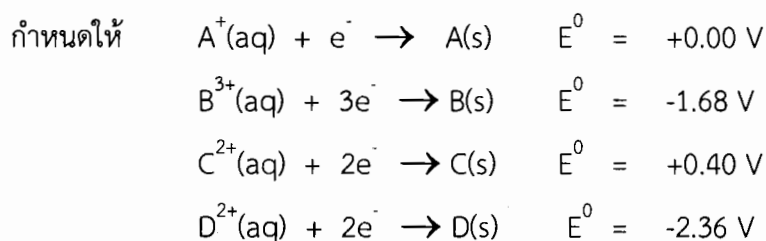
เหตุผลที่ตอบ เพราะ (แสดงวิธีทำ)

.....

.....

.....

23. (การวิเคราะห์) เซลล์ไฟฟ้าจากผลไม้นี้ เซลล์ใดที่ให้ค่าศักย์มากที่สุด



เหตุผลที่ตอบ เพราะ (แสดงวิธีทำ)

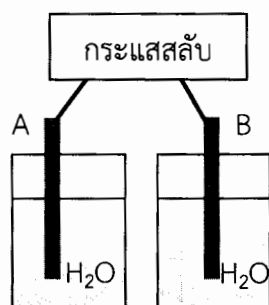
.....

.....

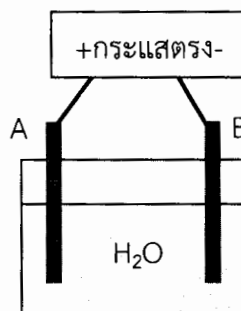
.....

24. (ความเข้าใจ) ถ้าต้องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า จะต้องจัดชุดการทดลองตามข้อใดจึงจะเหมาะสมที่สุด เมื่อ A และ B เป็นขั้วไฟฟ้าเฉื่อย

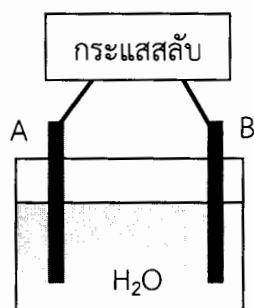
ก.



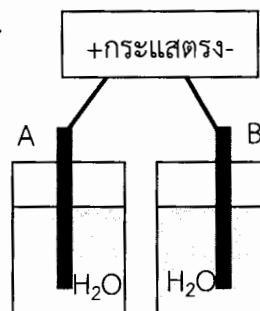
ข.



ค.



ง.

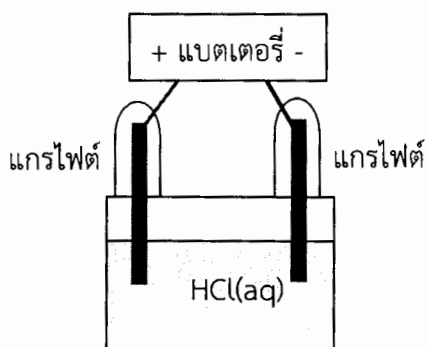


เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

.....

25. (การนำไปใช้) ถ้านำลูกโป่งมาต่อไว้ที่ปลายหลอดทั้งสองข้าง การเปลี่ยนแปลงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจากการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าควรเป็นข้อใด



ก. ขั้วบวกโป่งพองขึ้น ขั้วลบไม่เปลี่ยนแปลง

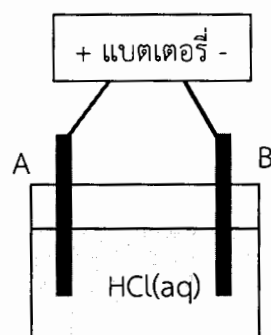
ข. ขั้วลบโป่งพองขึ้น ขั้วบวกไม่เปลี่ยนแปลง

ค. ขั้วบวก และขั้วลบ โป่งพองขึ้น

เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. เกิดแก๊ส ออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวก และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วลบ
- ข. เกิดแก๊ส ออกซิเจนขึ้นที่ขั้วลบ และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วบวก
- ค. เกิดแก๊สออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวกเท่านั้น หรือเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นที่ขั้วลบเท่านั้น
- ง. ทั้งสองขั้ว เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้น

26. (การนำไปใช้) จากรูปของการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าต่อไปนี้



ถ้าเราต้องการเก็บแก๊ส H_2 ไปใช้ประโยชน์ เราควรต่อท่อเก็บแก๊สเข้ากับขั้วไฟฟ้าใด

- ก. ขั้ว A เท่านั้น
- ข. ขั้ว B เท่านั้น
- ค. ได้ทั้งขั้ว A และ B
- ง. ขั้วใดก็ได้

เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

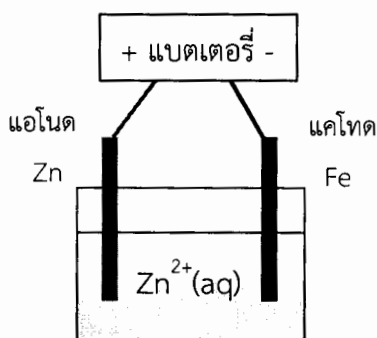
.....

.....

.....

.....

27. (ความเข้าใจ) จากการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้างดังภาพ สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

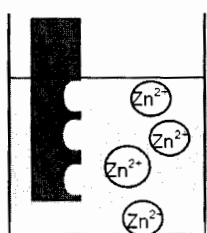
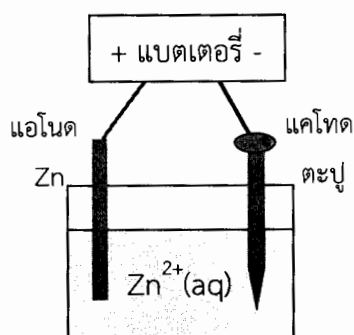


- ก. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น
- ข. โลหะที่ขั้วแคโทดบางลงกว่าเดิม
- ค. โลหะที่ขั้วแคโทดหนาขึ้นกว่าเดิม

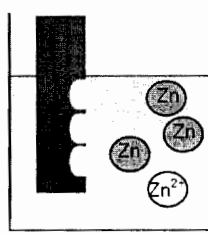
เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. Fe ให้อิเล็กตรอนแก่สารละลาย ทำให้กร่อน บางลง
- ข. Fe รับอิเล็กตรอนจากสารละลาย และให้อิเล็กตรอนแก่ Zn
- ค. Zn^{2+} รับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Zn มาเกาะทำให้หนาขึ้น
- ง. Zn^{2+} ให้อิเล็กตรอนแก่โลหะ Fe ทำให้หนาขึ้น

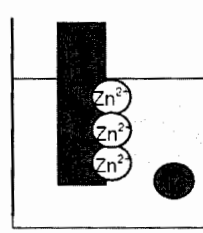
28. (การวิเคราะห์) จากแผนภาพเป็นการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น



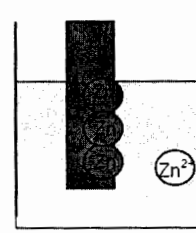
ภาพ A ที่ขั้วแอโนด



ภาพ B ที่ขั้วแอโนด



ภาพ C ที่ขั้วแคโทด



ภาพ D ที่ขั้วแคโทด

ที่ขั้วไฟฟ้าและไอออนในสารละลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังแผนภาพในข้อใด

- ก. ภาพ A กับ C
- ข. ภาพ B กับ D
- ค. ภาพ B กับ C
- ง. ภาพ A กับ D

เหตุผลที่ตอบ

เพราะ.....

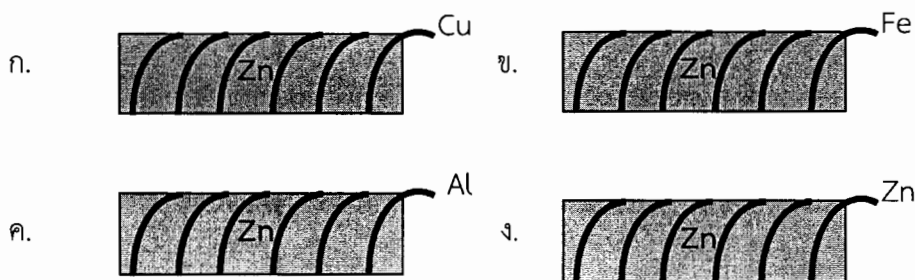
.....

.....

.....

.....

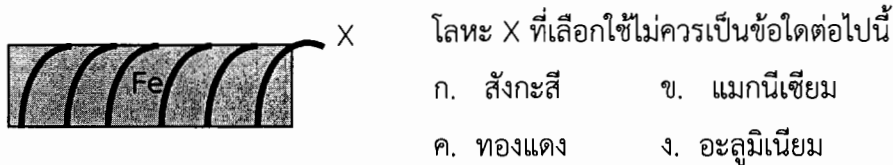
29. (การนำไปใช้) วิธีการในข้อใดที่เราควรเลือกใช้เพื่อป้องกันไม่ให้โลหะสังกะสีเกิดการผุกร่อน



เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. โลหะที่ใช้ป้องกันโดยการพันรอบต้องมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่าโลหะที่เราจะป้องกัน
- ข. โลหะที่ใช้ป้องกันโดยการพันรอบต้องมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่าโลหะที่เราจะป้องกัน
- ค. ถ้าใช้โลหะที่ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่าหรือสูงกว่าก็ได้พันรอบ จะให้และรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Zn
- ง. โลหะที่ใช้ป้องกันโดยการพันรอบต้องมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเท่ากับโลหะที่เราจะป้องกัน

30. (การวิเคราะห์) วิศวกรใช้ท่อส่งน้ำใต้ดินที่ทำด้วยเหล็กถ้าเขาต้องการให้ท่อน้ำสามารถใช้งานได้นานๆ โดยเกิดการผุกร่อนหรือสึกกร่อนน้อยที่สุด ดังรูป



เหตุผลที่ตอบ เพราะ

- ก. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า
- ข. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า
- ค. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า
- ง. มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานสูงกว่า จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า

ตารางที่ ค.1 เกลยแบบทดสอบวัดความเข้าใจมนตวทยาสาตร์ เรืองไฟฟ้าเคมี

ข้อที่	ลำดับขั้นที่ 1	ลำดับขั้นที่ 2 (เหตุผล)
1	ก	เพราะ มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนเกิดขึ้นเนื่องจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะ Zn มีค่าต่ำกว่าไอออนของโลหะในสารละลาย ทำให้โลหะ Zn ให้อิเล็กตรอนกับ Cu^{2+} ในสารละลาย เกิดเป็น Zn^{2+} ทำให้โลหะ Zn กร่อนบางลง และ Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Cu มาเกาะที่โลหะ Zn ทำให้สารละลายมีสีจางลง
2	ค	ก
3	ข	เพราะ ชุดที่ 1 ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะมีค่ามากกว่าไอออนของโลหะในสารละลาย และชุดที่ 2 ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะเท่ากับไอออนของโลหะในสารละลายจึงไม่เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
4	ง	ค
5	ข	ค
6	ค	เพราะเมื่อจุ่มโลหะ Zn ลงในสารละลาย Cu^{2+} โลหะ Zn จะกร่อนบางลงเนื่องจากให้อิเล็กตรอนกับ Cu^{2+} ในสารละลาย เกิดเป็น Zn^{2+} และโลหะ Zn มีโลหะ Cu มาเกาะ เนื่องจาก Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Cu
7	ก	ก
8	ง	เพราะโลหะ X มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานมากกว่าไอออนของโลหะในสารละลาย Y^{2+} จึงไม่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนเกิดขึ้น
9	ข	ค
10	ก	ค
11	ค	เพราะ โลหะ Mg มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานต่ำที่สุด เมื่อจุ่มในสารละลาย HCl จะเกิดปฏิกิริยาอย่างเร็วที่สุด ให้อิเล็กตรอนได้ดีที่สุด และเกิดแก๊ส H_2 ขึ้นมากที่สุด
12	ง	ก
13	ง	ค
14	ข	ค
15	ข	ง

ตารางที่ ค.1 เฉลยแบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตวิทยาาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี (ต่อ)

ข้อที่	ลำดับขั้นที่ 1	ลำดับขั้นที่ 2 (เหตุผล)
16	ก	เพราะ โลหะ Zn ที่ขั้วแอโนดให้อิเล็กตรอนแก่สารละลาย Cu^{2+} ทำให้กลายเป็น Zn^{2+} อยู่ในสารละลาย
17	ง	เพราะ สารละลาย Cu^{2+} ที่ขั้วแคโทดรับอิเล็กตรอนจากโลหะ Zn ทำให้เกิดเป็น Cu มาเกาะที่ขั้วแคโทด
18	ง	ก
19	ค	ค
20	ค	เพราะ Mg มีการให้อิเล็กตรอนทำให้เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น จึงเป็นขั้วแอโนด ส่วน Fe^{2+} รับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง จึงเป็นขั้วแคโทด โดยขั้วแอโนดจะเขียนไว้ทางซ้ายของสะพานเกลือ (II) และคั่น Mg กับ Mg^{2+} ด้วย (I) ส่วนขั้วแคโทดเขียนไว้ทางขวาสะพานเกลือและคั่น Fe^{2+} กับ Fe ด้วย (I) ตามลำดับ
21	ง	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ E^0_{cell} หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้ $E^0_{\text{cell}} = \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแคโทด} - \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแอโนด}$ $E^0_{\text{cell}} = \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้ว Ag} - \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้ว Mg}$ $= +0.80\text{V} - (-2.36\text{V})$ $= +3.16\text{V}$
22	ค	เพราะมีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มากที่สุด ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ E^0_{cell} หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้ $E^0_{\text{cell}} = \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแคโทด} - \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแอโนด}$ $= +0.80\text{V} - (-2.36\text{V})$ $= +3.16\text{V}$
23	ค	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ E^0_{cell} มากที่สุดดังนี้ $E^0_{\text{cell}} = \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแคโทด} - \text{ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแอโนด}$ $= +0.40\text{V} - (-2.36\text{V})$ $= +2.76\text{V}$
24	ข	เพราะการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าควรต่อขั้วไฟฟ้าเข้ากับไฟฟ้ากระแสตรง โดยโลหะที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (H_2O) เดียวกัน

ตารางที่ ค.1 เกลยแบบทดสอบวัดความเข้าใจมนตวทยาสาตร์ เรืองไฟฟ้าเคมี (ต่อ)

ข้อที่	ลำดับขั้นที่ 1	ลำดับขั้นที่ 2 (เหตุผล)
25	ค	ก
26	ข	เพราะขั้วโลหะ B เป็นขั้วแคโทดหรือขั้วลบ โดยรับอิเล็กตรอนทำให้เกิดเป็นแก๊ส H_2 ดังสมการ $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
27	ค	ค
28	ง	เพราะที่ขั้วแอโนดเป็นโลหะ Zn ที่ใช้ชุบ ซึ่งจะมีการให้อิเล็กตรอนทำให้เกิดการกร่อนและกลายเป็น Zn^{2+} ส่วนขั้วแคโทดเป็นโลหะที่ต้องการชุบคือตะปูเหล็ก(Fe) ซึ่งจะหนาขึ้นเนื่องจาก Zn^{2+} ในสารละลายรับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Zn มาเคลือบหรือชุบที่ตะปูเหล็กทำให้หนาขึ้น
29	ค	ก
30	ค	ง

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

แบบสอบถามความพึงพอใจ
ของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น
ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย (/) ลงในช่องระดับการประเมินที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- ระดับการประเมิน**
- 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มากที่สุด
 - 4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มาก
 - 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม ปานกลาง
 - 2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อย
 - 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้					
1. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย น่าสนใจ และสามารถปฏิบัติได้จริง					
2. กิจกรรมการเรียนรู้มีเหมาะสมและนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
3. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้ปฏิบัติจริงและสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง					
4. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้มีความน่าสนใจหลากหลาย เหมาะสมกับนักเรียน					
5. การวัดผล ประเมินผล การกำหนดชิ้นงาน /ภาระงาน มีความเหมาะสมกับนักเรียน					
ด้านการเรียนรู้และความเข้าใจที่ได้รับ					
6. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียน เนื้อหาเคมีได้ง่ายขึ้น					

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
7. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการ นิยาม สมการ สัญลักษณ์ทางเคมีมากขึ้น					
8. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้วางแผนการทำงานด้วยตนเอง					
9. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น					
10. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์					
11. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึงด้วยตนเอง					
ด้านการนำไปประยุกต์ใช้และความพึงพอใจ					
12. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันได้จริง					
13. กิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน					
14. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนชอบการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมากขึ้น					
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รายวิชาเคมีทำให้นักเรียนสามารถนำไปปรับใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้					
เฉลี่ยรวม					

ภาคผนวก จ
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ จ.1 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ
สืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					ระดับความคิดเห็น	
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	ค่าเฉลี่ย	แปลความหมาย
1. สารสำคัญ							
1.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ใน หลักสูตร	5	4	5	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	4	5	4	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	4	4.4	เหมาะสมมาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้มีความ ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
2.3 ระบุพฤติกรรมที่ ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหา							
3.1 เหมาะสมกับเวลา	5	5	4	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
3.2 มีความยากง่าย พอเหมาะ	5	4	4	4	5	4.4	เหมาะสมมาก
3.3 น่าสนใจและเป็น ประโยชน์ต่อนักเรียน	5	5	4	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
4. การนำเสนอกิจกรรม การเรียนรู้							
4.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 สอดคล้องและ เหมาะสมกับเนื้อหา	5	4	4	5	4	4.4	เหมาะสมมาก

ตารางที่ จ.1 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้
แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					ระดับความคิดเห็น	
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	ค่าเฉลี่ย	แปลความหมาย
4.3 กิจกรรมการเรียนรู้ การสอนเป็นไปตามลำดับ ขั้นตอนจากง่ายไปยาก	5	4	5	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
4.4 กิจกรรมการ เรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียน ได้ทำงานกลุ่มร่วมกัน	5	5	4	5	4	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
5. สื่อการเรียนรู้							
5.1 สอดคล้องกับ เนื้อหาที่มีคุณภาพ	5	4	4	5	4	4.4	เหมาะสมมาก
5.2 สื่อความหมายได้ ชัดเจน	4	5	5	5	4	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและ ประเมินผล							
6.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	4	4.4	เหมาะสมมาก
6.2 วัดได้ครอบคลุม เนื้อหา	5	5	4	4	4	4.4	เหมาะสมมาก
6.3 แบบทดสอบ ประจำชุดกิจกรรมการ เรียนรู้	5	5	4	5	4	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.89	4.50	4.39	4.50	4.17	4.49	เหมาะสมมาก

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าดัชนีความ
สอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ข้อที่	IOC	แปลผล	P	แปลผล	r	แปลผล	แปลผลคุณภาพ ข้อสอบ
1	1.00	สอดคล้อง	0.45	ใช้ได้	0.56	ใช้ได้	ใช้ได้
2	1.00	สอดคล้อง	0.60	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
3	1.00	สอดคล้อง	0.58	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
4	1.00	สอดคล้อง	0.80	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้ได้
5	1.00	สอดคล้อง	0.76	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้ได้
6	1.00	สอดคล้อง	0.53	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.80	สอดคล้อง	0.80	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
8	1.00	สอดคล้อง	0.57	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
9	1.00	สอดคล้อง	0.33	ใช้ได้	0.80	ใช้ได้	ใช้ได้
10	1.00	สอดคล้อง	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
11	1.00	สอดคล้อง	0.50	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
12	1.00	สอดคล้อง	0.27	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.80	สอดคล้อง	0.66	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้
14	1.00	สอดคล้อง	0.47	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
15	1.00	สอดคล้อง	0.57	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
16	1.00	สอดคล้อง	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.80	สอดคล้อง	0.73	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
18	1.00	สอดคล้อง	0.60	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
19	1.00	สอดคล้อง	0.73	ใช้ได้	0.41	ใช้ได้	ใช้ได้
20	1.00	สอดคล้อง	0.62	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
21	1.00	สอดคล้อง	0.57	ใช้ได้	0.41	ใช้ได้	ใช้ได้
22	1.00	สอดคล้อง	0.63	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้ได้
23	1.00	สอดคล้อง	0.78	ใช้ได้	0.51	ใช้ได้	ใช้ได้
24	1.00	สอดคล้อง	0.64	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้ได้
25	1.00	สอดคล้อง	0.51	ใช้ได้	0.37	ใช้ได้	ใช้ได้

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าดัชนีความ
สอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมนิทัศน์วิทยาศาสตร์
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (ต่อ)

ข้อที่	IOC	แปลผล	P	แปลผล	r	แปลผล	แปลผลคุณภาพ ข้อสอบ
26	1.00	สอดคล้อง	0.67	ใช้ได้	0.37	ใช้ได้	ใช้ได้
27	1.00	สอดคล้อง	0.51	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
28	1.00	สอดคล้อง	0.27	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
29	1.00	สอดคล้อง	0.67	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.80	สอดคล้อง	0.64	ใช้ได้	0.39	ใช้ได้	ใช้ได้

ตารางที่ จ.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้

รายการ	คะแนนการพิจารณา					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้							
1. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย น่าสนใจ และสามารถปฏิบัติได้จริง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80
2. กิจกรรมการเรียนรู้มีเหมาะสม และนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
3. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้ปฏิบัติจริง และสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้มีความน่าสนใจ หลากหลาย เหมาะสมกับนักเรียน	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80
5. การวัดผล ประเมินผล การกำหนดชิ้นงาน /ภาระงาน มีความเหมาะสมกับนักเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
ด้านการเรียนรู้และความเข้าใจที่ได้รับ							
6. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียน เนื้อหาเคมีได้ง่ายขึ้น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการ นิยาม สมการ สัญลักษณ์ทางเคมีมากขึ้น	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
8. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้วางแผนการทำงานด้วยตนเอง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80

ตารางที่ จ.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ (ต่อ)

รายการ	คะแนนการพิจารณา					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
9. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
10. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
11. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่ออุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึงด้วยตนเอง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80
ด้านการนำไปประยุกต์ใช้และความพึงพอใจ							
12. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันได้จริง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
13. กิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
14. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนชอบการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมากขึ้น	+1	+1	+1	+1	+1	4	0.80
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รายวิชาเคมีทำให้นักเรียนสามารถนำไปปรับใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00

ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความเข้าใจโน้มนทิตวิทยาาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนความเข้าใจในมโนติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิค
ทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	ผลต่าง (D)	(ผลต่าง) ² D ²
1	37.00	49.50	12.50	156.25
2	16.50	31.00	14.50	210.25
3	12.00	34.50	22.50	506.25
4	27.50	52.50	25.00	625.00
5	16.00	44.50	28.50	812.25
6	16.00	39.50	23.50	552.25
7	14.00	33.50	19.50	380.25
8	16.00	48.00	32.00	1024.00
9	12.50	44.00	31.50	992.25
10	13.50	34.50	21.00	441.00
11	21.50	41.00	19.50	380.25
12	16.50	46.00	29.50	870.25
13	10.50	43.50	33.00	1089.00
14	14.00	50.50	36.50	1332.25
15	20.00	40.50	20.50	420.25
16	20.00	50.00	30.00	900.00
17	28.00	48.50	20.50	420.25
18	21.50	29.50	8.00	64.00
19	29.50	53.50	24.00	576.00
20	14.50	22.00	7.50	56.25
21	23.00	31.00	8.00	64.00
22	27.00	50.50	23.50	552.25
23	34.50	51.00	16.50	272.25
24	18.50	50.00	31.50	992.25
25	26.00	49.00	23.00	529.00

ตารางที่ จ.1 คะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิค
ทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	ผลต่าง (D)	(ผลต่าง) ² D ²
26	14.00	45.00	31.00	961.00
27	12.00	38.50	26.50	702.25
28	11.00	46.50	35.50	1260.25
29	20.50	45.50	25.00	625.00
30	11.50	45.50	34.00	1156.00
31	17.50	51.00	33.50	1122.25
32	25.00	53.00	28.00	784.00
33	18.00	49.50	31.50	992.25
34	23.00	43.00	20.00	400.00
35	31.50	45.00	13.50	182.25
36	18.00	42.00	24.00	576.00
37	20.00	52.50	32.50	1056.25
38	15.50	34.00	18.50	342.25
39	31.00	46.00	15.00	225.00
40	21.50	43.50	22.00	484.00
41	9.00	11.00	2.00	4.00
42	28.00	50.00	22.00	484.00
43	12.50	29.00	16.50	272.25
44	16.50	43.00	26.50	702.25
45	12.00	38.50	26.50	702.25
($\bar{X}$)	19.42	42.67		
SD	6.94	8.94		
t-test	19.08*			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนความเข้าใจโมดูลวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-
อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ แยกตามเนื้อหา

เลขที่	ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (18)	ความสามารถใน การรีดิวซ์และ ออกซิไดส์(10)	เซลล์กัลวานิก และเซลล์ ผลไม้(18)	การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (6)	การชุบโลหะและ การป้องกัน การผุกร่อน วิธีแคโทดิก (8)
1	10.00	4.00	10.50	5.00	7.50
2	2.00	2.00	7.00	4.00	1.50
3	4.00	0.00	2.50	2.00	3.50
4	10.50	1.00	5.00	3.50	7.50
5	7.50	0.00	2.00	4.00	2.50
6	6.50	2.50	4.00	3.00	0.00
7	8.00	1.00	3.00	2.00	0.00
8	5.00	3.00	7.00	1.00	0.00
9	2.00	2.00	3.00	3.00	2.50
10	4.50	4.00	4.00	1.00	0.00
11	8.00	4.50	6.00	2.00	1.00
12	6.50	0.00	6.00	3.00	1.00
13	3.00	1.00	3.00	2.50	1.00
14	5.00	1.50	3.50	2.00	2.00
15	8.00	2.50	3.50	2.00	4.00
16	6.50	3.00	3.00	2.50	5.00
17	6.00	4.00	6.50	4.00	7.50
18	2.50	2.00	7.50	4.00	5.50
19	13.00	4.50	3.00	4.00	5.00
20	4.50	2.00	4.00	3.00	1.00
21	6.50	3.00	2.50	4.50	6.50
22	5.50	5.00	5.50	4.50	6.50
23	15.50	4.50	5.00	5.00	4.50

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-
อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ แยกตามเนื้อหา (ต่อ)

เลขที่	ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (18)	ความสามารถใน การรีดิวซ์และ ออกซิไดส์(10)	เซลล์กัลวานิก และเซลล์ ผลไม้(18)	การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (6)	การชุบโลหะและ การป้องกัน การผุกร่อน วิธีแคโทดิก (8)
24	4.50	3.00	2.00	4.50	4.50
25	9.50	3.50	4.00	4.00	5.00
26	5.00	3.00	2.00	2.50	1.50
27	4.50	2.00	2.00	3.00	0.50
28	5.00	2.00	2.00	1.00	1.00
29	8.50	3.50	5.50	1.00	2.00
30	1.50	3.50	3.50	2.00	1.00
31	7.00	4.00	5.00	0.00	1.50
32	12.00	2.00	3.50	3.50	4.00
33	6.50	1.00	7.50	1.50	1.50
34	9.50	0.50	3.00	3.50	6.50
35	14.00	4.00	4.50	3.00	6.00
36	6.00	3.00	3.00	2.00	4.00
37	8.50	2.00	6.00	3.00	0.50
38	6.50	2.00	2.00	4.00	1.00
39	11.50	3.00	6.50	2.50	7.50
40	9.50	2.50	6.50	2.00	1.00
41	3.00	2.00	2.00	1.00	1.00
42	10.00	2.00	7.50	3.00	5.50
43	3.00	2.00	2.00	4.00	1.50
44	7.00	0.00	0.50	3.50	5.50

ตารางที่ ๑.2 คะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-
อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ แยกตามเนื้อหา (ต่อ)

เลขที่	ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (18)	ความสามารถใน การรีดิวซ์และ ออกซิไดส์(10)	เซลล์กัลวานิก และเซลล์ ผลไม้(18)	การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (6)	การชุบโลหะและ การป้องกัน การผุกร่อน วิธีแคโทดิก (8)
45	2.00	3.00	6.00	1.00	0.00
($\bar{X}$)	6.78	2.46	4.30	2.82	3.07
SD	3.32	1.32	2.09	1.23	2.49

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ ๓.3 คะแนนความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ แยกตามเนื้อหา

เลขที่	ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (18)	ความสามารถ ในการรีดิวซ์ และออกซิไดส์ (10)	เซลล์กัล วานิกและ เซลล์ผลไม้ (18)	การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (6)	การชุบโลหะและ การป้องกัน การผุกร่อน วิธีแคโทดิก (8)
1	16.00	10.00	12.50	5.00	6.00
2	8.50	4.00	8.00	5.50	5.00
3	10.00	7.00	10.50	3.00	4.00
4	14.50	10.00	16.00	5.00	7.00
5	16.00	9.50	10.50	5.50	3.00
6	15.00	9.00	10.50	3.00	2.00
7	15.50	6.00	9.50	2.00	0.50
8	13.00	10.00	16.00	5.00	4.00
9	16.50	6.00	12.50	5.00	4.00
10	11.00	7.00	9.50	4.00	3.00
11	16.00	8.00	12.00	2.00	3.00
12	16.50	10.00	11.00	5.50	3.00
13	16.50	9.50	10.00	5.00	2.50
14	16.50	8.00	16.50	5.00	4.50
15	11.50	7.00	13.00	4.50	4.50
16	17.00	10.00	10.00	6.00	7.00
17	18.00	9.00	11.50	4.50	5.50
18	8.50	6.00	9.50	2.00	3.50
19	18.00	8.00	17.00	5.50	5.00
20	7.00	7.00	5.00	3.00	0.00
21	9.50	6.00	9.50	3.50	2.50
22	16.00	9.00	15.00	4.50	6.00
23	17.50	8.00	12.50	6.00	7.00

ตารางที่ ฉ.3 คะแนนความเข้าใจโมดิววิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-
อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ แยกตามเนื้อหา (ต่อ)

เลขที่	ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (18)	ความสามารถ ในการรีดิวซ์ และออกซิไดส์ (10)	เซลล์กัล วานิกและ เซลล์ผลไม้ (18)	การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (6)	การชุบโลหะและ การป้องกัน การผุกร่อน วิธีแคโทดิก (8)
24	17.50	7.50	12.00	6.00	7.00
25	18.00	9.00	12.50	4.00	5.50
26	17.00	8.00	10.00	5.00	5.00
27	16.00	4.50	11.00	3.00	4.00
28	16.50	10.00	9.00	5.00	6.00
29	16.00	9.50	13.50	3.00	3.50
30	17.00	9.00	10.50	4.00	5.00
31	17.00	10.00	12.50	5.00	6.50
32	17.00	10.00	14.00	5.00	7.00
33	17.50	8.00	14.00	4.00	6.00
34	14.50	8.00	13.00	4.00	3.50
35	18.00	7.00	9.00	4.00	7.00
36	15.50	8.50	8.00	4.00	6.00
37	15.50	9.00	16.00	4.50	7.50
38	11.00	8.00	9.00	5.00	1.00
39	16.00	9.00	11.50	5.00	4.50
40	16.00	8.00	12.50	4.00	3.00
41	4.00	1.00	3.00	2.00	1.00
42	14.50	9.00	16.00	4.00	6.50
43	6.00	3.00	11.50	5.50	3.00
44	16.50	8.00	10.50	4.00	4.00

ตารางที่ ๓.3 คะแนนความเข้าใจโน้มนทวิทยาาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-
อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ แยกตามเนื้อหา (ต่อ)

เลขที่	ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (18)	ความสามารถ ในการรีดิวซ์ และออกซิไดส์ (10)	เซลล์กัล วานิกและ เซลล์ผลไม้ (18)	การแยกน้ำ ด้วยไฟฟ้า (6)	การชุบโลหะและ การป้องกัน การผุกร่อน วิธีแคโทดิก (8)
45	13.50	9.00	12.50	2.00	1.50
($\bar{X}$)	14.56	7.93	11.54	4.27	4.37
SD	3.52	1.97	2.87	1.15	1.96

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนรู้



ภาพที่ ข.1 การชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักของโลหะเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์



ภาพที่ ข.2 กิจกรรมการทดลองในชั้นสำรวจและค้นหาเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์



ภาพที่ ข.3 กิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหาเพื่อศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์ และการแนะนำ
กระตุ้นด้วยคำถามของครูผู้สอน



ภาพที่ ข.4 กิจกรรมในชั้นสร้างความสนใจเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก



ภาพที่ ข.5 กิจกรรมในชั้นสร้างความสำรวจและค้นหา (ก) และ (ข) การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก โดยนักเรียนมีการวางแผน ออกแบบและทำการทดลองด้วยตนเองเป็นกลุ่ม



ภาพที่ ข.6 กิจกรรม POE ในชั้นสังเกต เพื่อศึกษาปฏิบัติการรื้อดอกซ์การถ่ายโอนอิเล็กทรอนิกส์
ในเซลล์กัลวานิก



ภาพที่ ข.7 กิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหา (ก) และ (ข) การทำกิจกรรมเพื่อศึกษาปฏิบัติการ
รื้อดอกซ์การถ่ายโอนอิเล็กทรอนิกส์ในเซลล์ผลไม้



ภาพที่ ข.8 ผลการทดลองกิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหา เพื่อศึกษาการป้องกันการผุกร่อน
ของโลหะด้วยวิธีแคโทดิก

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายสนทยา บังพรม

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2545-2549
 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี
 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
 พ.ศ. 2551
 ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู (สควค.)
 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2552-2555
 ครู โรงเรียนภูเรือวิทยา
 อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย
 พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน
 ครู โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร
 อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี

ตำแหน่ง ครู คศ.1

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร
 อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี
 โทรศัพท์ 062-1956265
 Email: sontayabp6098@gmail.com

