ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

อุบลวรรณ ไท้ทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

EFFECTS OF PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN IN ELECTROCHEMISTRY TO IMPROVE SCIENTIFIC PROCESS SKILL AND ATTITUDE TOWARD TEACHING OF TWELVETH GRADE STUDENTS

UBONWAN THAITHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

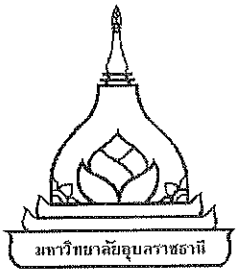
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2011

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมีเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัย นางสาวอุบลวรรณ ไท้ทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พึ่งโพธิ์)

..... **กรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตังควนิช)

..... **กรรมการ**

(ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา)

..... **คณบดี**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ อินทรประเสริฐ)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2554

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.พรพรรณ พึ่งโพธิ์ และดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุดาพร ดังควนิช ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับการศึกษาและการวิจัยให้แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมตระการพืชผล พร้อมทั้งคณะครู และนักเรียนในโรงเรียนทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ร่วมมือ ตลอดจนอำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) ที่สนันสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาบิดามารดา ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลาย จงดลบันดาลให้ทุกท่านมีแต่ความสุข ความเจริญตลอดไป

(นางสาวอุบลวรรณ ไท้ทอง)
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

โดย : อุบลวรรณ ไท้ทอง

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พึ่งโพธิ์

ศัพท์สำคัญ : ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ไฟฟ้าเคมี

การทำปฏิบัติการเคมีซึ่งนักเรียนทำตามขั้นตอนในหนังสือ อาจทำให้ไม่เข้าถึงเนื้อหาสำคัญที่ครูต้องการ กลวิธีทำนาย-สังเกต-อธิบาย ช่วยให้นักเรียนได้ทำนายผลการทดลองส่วนที่สำคัญที่สุดในการทดลองเป็นอันดับแรก จึงเป็นการเตรียมตัวที่ดีให้กับนักเรียนก่อนลงมือทำปฏิบัติการทั้งหมด ทั้งยังพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียน (3) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย แบบแผนการวิจัยที่ใช้คือการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 47 คน โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test dependent ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงกว่าร้อยละ 60 โดยมีทักษะการสังเกตมากที่สุดแต่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุด (2) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก และ (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ABSTRACT

TITLE : EFFECTS OF PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN IN ELECTROCHEMISTRY TO IMPROVE SCIENTIFIC PROCESS SKILL AND ATTITUDE TOWARD TEACHING OF TWELVETH GRADE STUDENTS

BY : UBONWAN THAITHONG

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

CHAIR : ASST. PROF. PORNPAN PUNGPO, Ph.D.

KEYWORDS : SCIENTIFIC PROCESS SKILLS / PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN / ELECTROCHEMISTRY

The step-by-step instructions for conducting experiments in chemistry could not access important content that a teacher required. The predict - observe – explain strategy was first allows students to predict the results of the most important part. It was helpful to prepare students before working through all of the experiments. In addition, scientific process skills was developed. The research aimed to: (1) improve the scientific process skill, (2) study learning satisfaction of students after they had learned through POE method, and (3) promote student learning achievement in electrochemistry by predict - observe – explain approach. One group pretest- posttest design was implemented. Participants of the study were 47 of grade twelve students at Matayomtrakanphutphon school, Ubon Ratchathani. Research instruments were lesson plans, observation form of scientific process skills, a science attitude questionnaire and achievement test. The obtained data was analyzed by mean, standard deviation, and t - test dependent. Results showed that (1) students had scientific process skills upper than 60% with the highest percentage of observation skills and the lowest percentage of the interpretation data and conclusions. (2) students satisfaction with this learning at a high level, and (3) Post test score higher than pre test score at .05 statistical significance level.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ช**
สารบัญภาพ	**ฌ**
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ตัวแปรในการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 การจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์	8
2.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	9
2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	12
2.4 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์	18
2.5 วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)	22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 รูปแบบวิธีการศึกษาวิจัย	27
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	28
3.3 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือในการวิจัย	29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 38

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 39

4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 40

4.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 40

4.2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ 49

4.3 ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) 56

4.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 63

4.5 ความก้าวหน้าทางการเรียน 65

5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ 69

5.1 ผลการสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 69

5.2 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ 69

5.3 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 70

5.4 ข้อเสนอแนะ 70

เอกสารอ้างอิง **71**

ภาคผนวก

ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะ 82

ข ตัวอย่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของ แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2 – 6 91

ค ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมการทดลองของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 108

ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 116

จ แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 128

ฉ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 130

ช รายนามผู้เชี่ยวชาญและการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ 133

ซ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 143

ฌ ภาพประกอบ 147

ประวัติผู้วิจัย **152**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สรุปกิจกรรมและจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย	5
3.1	สรุปเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการวิจัย	28
3.2	เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	31
3.3	ความหมายของระดับคะแนนในแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	35
3.4	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และตัวอย่างวิธีการวัดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	36
4.1	ผลการสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้	41
4.2	ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี	50
4.3	จำนวนนักเรียนที่แสดงข้อคิดเห็นและข้ออเสนอแนะของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในแบบสอบถามปลายเปิด	55
4.4	ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	64
4.5	ความก้าวหน้าเฉลี่ย (average normalized gain ; <g>) ของนักเรียน	64
4.6	ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน	65
4.7	Single test item normalized gain	66
4.8	การวิเคราะห์การเลือกคำตอบในข้อคำถามที่ 37	67
ข.1	สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย	92
ช.1	ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	138

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ช.2	ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	140
ช.3	ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจการจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี	141
ช. 1	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)	144

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทย์-คณิตฯ ปีการศึกษา 2552	3
2.2	สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)	23
4.1	ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการสังเกต 3	42
4.2	ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการสังเกต 2	43
4.3	ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการสังเกต 1	43
4.4	ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3	44
4.5	ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 2	45
4.6	ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 1	46
4.7	ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองการทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก	47
4.8	คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี	48
4.9	ตัวอย่างข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนจำนวน 6 คน (ก-ฉ) ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)	52
4.10	ตัวอย่างการตอบคำถามก่อนการทดลอง (ขั้นทำนาย) การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิกของนักเรียน 2 คน (ช และซ)	57
4.11	ตัวอย่างการออกแบบการทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก ของนักเรียน 2 คน (ฌ และ ญ)	58
4.12	ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะของนักเรียน 2 คน (ฎ และ ฏ)	60
4.13	ตัวอย่างสรุปผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะของนักเรียน 2 คน (ฐ และฑ)	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.14	Single student normalized gain	65
4.15	Single test item normalized gain	66
4.16	ข้อคำถามที่ 29 ในชุดข้อสอบที่ใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	67
4.17	ข้อคำถามที่ 37 ในชุดข้อสอบที่ใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	68
ก.1	ตัวอย่างการออกแบบการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะ	85
ญ.1	ครูนำเสนอสถานการณ์หรือการทดลองให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง (ขั้นทำนาย)	148
ญ.2	ครูจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองเพื่อให้นักเรียนทำการทดลอง (ขั้นทำนาย)	148
ญ.3	นักเรียนทำนายผลการทดลองในการทดลองปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับสารละลายไอออนของโลหะและบันทึกผลลงในใบงาน (ขั้นทำนาย)	149
ญ.4	นักเรียนทำการทดลองปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับสารละลายไอออนของโลหะและบันทึกผล ลงในใบงาน (ขั้นสังเกต)	149
ญ.5	นักเรียนทำการทดลองสร้างเซลล์กัลป์วานิกและบันทึกผลลงในใบงาน (ขั้นสังเกต)	150
ญ.6	ตัวแทนกลุ่มนำเสนอการทดลองหน้าชั้นเรียน (ขั้นอธิบาย)	150
ญ.7	ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง (ขั้นอธิบาย)	151
ญ.8	ผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลอง	151

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาการวิจัย

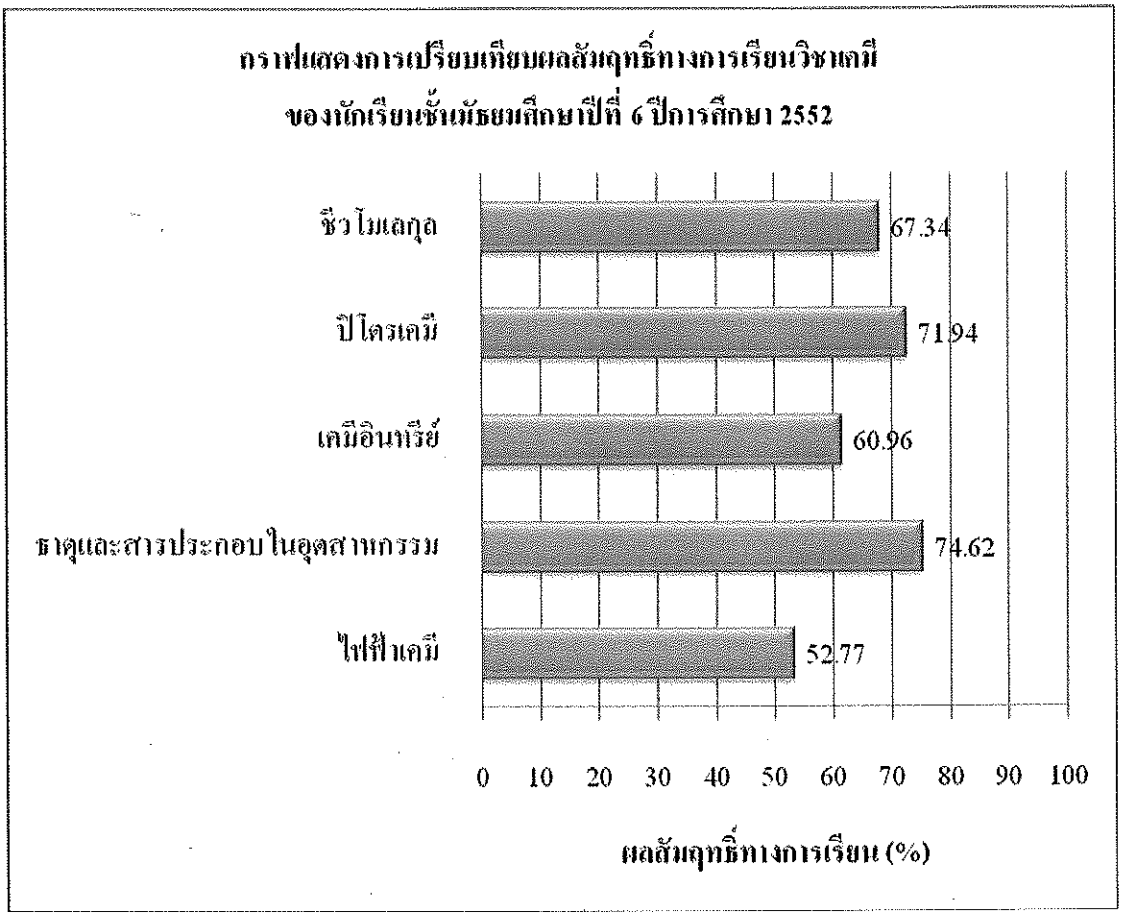
ปัจจุบันความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนมาให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตในสภาพจริงมีน้อยมาก เพราะนักเรียนมุ่งเรียนเพื่อทำข้อสอบมากกว่าเพื่อให้เกิดความเข้าใจ อีกทั้งครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากยังขาดเทคนิคการสอนที่ดี (น้ำค้าง เพิ่มพูน, 2541) ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ การจัดกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2541)

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จะเกิดประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อนักเรียนได้มีโอกาสทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการ กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ (นิภา แย้มวจี, 2551) นั่นคือนักเรียนได้พัฒนาความคิดขั้นสูงจนเกิดกระบวนการเรียนรู้ นำมาสู่ความสามารถในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ต้องเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ และให้การเรียนรู้เกิดที่ตัวนักเรียน สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีทฤษฎีของนักปรัชญา และนักจิตวิทยาเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เช่น การเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ทฤษฎีการพัฒนาทางสติปัญญา (Theory of cognitive development) การเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) และการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2542)

เพื่อให้นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติ ครูซึ่งเป็นผู้กำหนดบทเรียน และวิธีเรียนสองในสามส่วนประกอบในกระบวนการเรียนรู้ (ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์, 2553) จึงต้องปรับเปลี่ยนแนวคิด และวิธีการสอน จากการสอนความรู้ให้แก่ผู้เรียนมาเป็นการสอนวิธีหาความรู้ (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2543) และจากหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนมัธยมตระการพืชผล พบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนยังต้องมีการปรับปรุงด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น การตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลอภิปรายผล และสรุปผล การรายงานผลการทดลอง อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องพัฒนา

ให้ผ่านเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 60 (วิชาการโรงเรียนมัธยมตระการพืชผล, 2551) ซึ่งมีสาเหตุในด้านต่าง ๆ ประกอบกัน ได้แก่ ครูผู้สอนจัดกิจกรรมที่ฝึกปฏิบัติด้านการทดลองค่อนข้างน้อย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังมีการเน้นเนื้อหาสาระและความจำค่อนข้างมาก และนักเรียนส่วนมากมีความคิดเห็นว่าเนื้อหาวิชายาก และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้น้อย ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญ และมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้ศึกษารวบรวมสาเหตุ ผลการวิจัยและแนวคิดของนักการศึกษา สรุปได้ว่าสาเหตุที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คือ ความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้ และวิธีการจัดการเรียนรู้ของครู โดยครูจำนวนมากยังยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง ถ่ายทอดความรู้ที่เน้นการฝึกท่องจำเนื้อหา และให้ข้อมูลเป็นส่วนใหญ่ มีการสอนฝึกให้นักเรียนได้คิด และวิเคราะห์ตามน้อย ดังนั้นการจะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นั้นครูผู้สอน มีบทบาทสำคัญอย่างมาก ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียน ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฝึกกระบวนการคิดให้กับผู้เรียนให้มีโอกาสทำกิจกรรมให้มากที่สุด

การจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดการเรียนรู้วิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคซิมเพล็กซ์ในรายวิชาฟิสิกส์ (สุพรรณี พรพุทธิชัย, 2551) เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (ฐิตินันท์ โจฉะสิทธิ์, 2549) ในรายวิชาเคมี เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน (อภิญญา ซื่อตระกูลพานิชย์, 2550) การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้บทเรียนเว็บเควสท์ในรายวิชาฟิสิกส์ (อนุสรา เสนไสย, 2551) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม (วราภรณ์ สีดำนิล, 2550 ; ปุณย์จรีย์ กัมปนาทโกศล, 2553) เป็นต้น การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ว่านักเรียนได้ฝึกการทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นทำนาย ขั้นสังเกต และขั้นอธิบาย โดยขั้นทำนายนั้นครูสร้างสถานการณ์การทดลองเพื่อให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรขึ้น ส่วนขั้นสังเกตนักเรียนทำการทดลอง และสังเกต เพื่อศึกษาว่าผลเกิดขึ้นเป็นอย่างไร และสอดคล้องกับที่ทำนายไว้หรือไม่ และในขั้นอธิบาย นักเรียนอธิบายผลจากการทดลองว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับที่ทำนายไว้ พร้อมให้เหตุผลประกอบเป็นไปตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม (White R.T. and Gunstone, R. F., 1992) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) นี้มีผลการวิจัยยืนยันว่าทำให้นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 ได้พัฒนามโนมติทางเลือก (Misconception) ไปสู่มโนมติวิทยาศาสตร์ (Science concepts) ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน (น้ำค้าง จันเสริม, 2551) และ เรื่องแสงและการเกิดภาพ (คำไพย พานุสี, 2553)



ภาพที่ 1.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทย์-คณิตฯ ปีการศึกษา 2552

จากสภาพปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล วิชาเคมี ในปีการศึกษา 2552 ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 5 เรื่อง ได้แก่ ไฟฟ้าเคมี, ธาตุ และสารประกอบในอุตสาหกรรม, เคมีอินทรีย์, ปิโตรเคมี และสารชีวโมเลกุล พบว่าเนื้อหาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุดคือเรื่อง ไฟฟ้าเคมี (ภาพที่ 1.1) และในการทำปฏิบัติการเคมีนักเรียนทำตามขั้นตอนในหนังสือ อาจทำให้ไม่เข้าถึงเนื้อหาสำคัญที่ครูต้องการ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ช่วยให้นักเรียนได้ทำนายผลการทดลองส่วนที่สำคัญที่สุดในการทดลองเป็นอันดับแรก จึงเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนก่อนลงมือทำปฏิบัติการทั้งหมด และจากรายงานเบื้องต้นเทคนิคการสอนนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย นอกจากนี้เนื่องจากโรงเรียนมัธยมตระการพืชผลเปิดหลักสูตรห้องเรียนพิเศษวิทยาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งมีการจ้างเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยจัดเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับทำปฏิบัติการ และช่วยครูประจำการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมง

ที่ทำปฏิบัติการ ดังนั้นจึงสามารถช่วยเตรียมปฏิบัติการ และร่วมสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขณะเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรูแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) จากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยจึงจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าเคมี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ได้แก่

1.2.1 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียน

1.2.3 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีสมมติฐาน 3 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1.3.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 60

1.3.2 นักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) อยู่ในระดับมาก

1.3.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิยาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

1.4 ตัวแปรในการวิจัย

1.4.1 ตัวแปรต้น (Independent Variables) คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

1.4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

1.4.2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.4.2.2 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

1.4.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาเคมี โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล สำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษาอุบลราชธานี เขต 29 ภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 6 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 270 คน โดยการจัดชั้นเรียนเป็นแบบคละคนเก่ง กลาง อ่อน

กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 47 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง เพราะมีเวลาเรียนมากที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) นั้น นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติ ทดลองจริงในขั้นของการสังเกต

1.5.2 เนื้อหาในการวิจัย

เนื้อหาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 สอดคล้องกับเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้าเคมี ครอบคลุมเนื้อหาดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สรุปกิจกรรม และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

การทดลองเรื่อง	จำนวน (คาบ)
ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ	2
การสร้างเซลล์กัลป์วานิก	4
การทดลองการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า	1
การทดลองการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า	2
การทดลองการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า	1
การทดลองการป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก	2

1.5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเวลาการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 เวลาในการวิจัย 6 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยจะทำการวิจัยในขณะที่นักเรียนกำลังเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ครูสามารถจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อพัฒนาความสนใจเรียนของนักเรียน

1.6.2 เป็นจุดเริ่มต้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ และด้านกระบวนการคิด

1.6.3 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนสำหรับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain (POE)) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีครูนำเสนอสถานการณ์ และให้นักเรียนทำนายผลจากการสังเกตจากการทดลอง หลังจากทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าว โดยทำการทดลองหรือสังเกตการทดลองหรือพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ จากนั้นนักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสังเกตหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และเปรียบเทียบถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกต

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 (ว 40224) เรื่องไฟฟ้าเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน ใช้เวลาในการวิจัย 6 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนเป็นการปฏิบัติการทดลองทั้งตามวิธีการทดลองในหนังสือแบบเรียนของ สสวท. และที่ผู้วิจัยปรับปรุงให้เข้ากับอุปกรณ์และสารเคมีที่มีในโรงเรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ อันเป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหา และทำให้เกิดความเจริญงอกงามมีสติปัญญาในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลอง มีทั้งหมด 12 ทักษะดังนี้ การสังเกต (Observing) การวัด (Measuring) การคำนวณ (Using Number) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space / Space and Space / Time Relationship) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communicating) การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) การทำนายหรือการพยากรณ์ (Predicting) การตั้งสมมุติฐาน (Formulating Hypothesis) การกำหนดนิยาม-เชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Variables Operationally) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) การทดลอง (Experimenting) การตีความหมายข้อมูลและ

ลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) เนื่องจากในการทดลองไฟฟ้าเคมีที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 6 แผนการจัดการรู้ไม่ได้จัดกิจกรรมให้มีการจำแนกประเภท จึงทำการวัดเพียง 12 ทักษะ

แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ใช้ประเมินนักเรียนเป็นรายกลุ่ม แบบประเมินประกอบด้วยสองส่วน คือ ใบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และเกณฑ์การให้คะแนน โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อจะแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

แบบสอบถามความพึงพอใจ หมายถึง แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี มีโครงสร้างแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ชนิด 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ โดยสอบถามความพอใจต่อรูปแบบการสอน ประโยชน์ และการนำไปใช้ของรูปแบบการสอน การเรียนรู้เป็นกลุ่มคละความสามารถ และบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดังเอกสาร และรายงานวิจัยต่อไปนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.4 เจตคติทางวิทยาศาสตร์

2.5 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น ครูผู้สอนที่ประสบความสำเร็จในการสอน ย่อมเป็นผู้ที่มีเทคนิคการสอนที่ดี เช่น เทคนิคการใช้คำถาม การดึงความสนใจ การเร้าความสนใจ การเสริมแรง การใช้จิตวิทยาการเรียนการสอน การใช้สื่อการสอน กล่าวคือเป็นผู้รู้จักบูรณาการวิชาการทางการศึกษา เช่น ปรัชญาการศึกษา หลักสูตรและการสอน จิตวิทยาการศึกษา การวัดและประเมินผล การใช้สื่อการสอน และอื่น ๆ ในการแก้ปัญหารวมถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูจะต้องมีทักษะในการเลือกวิธีสอนได้อย่างเหมาะสมกับสภาพชั้นเรียน นักเรียน เนื้อหาวิชา ความสามารถของครูในการสอนและเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าไม่มีวิธีการสอนวิธีใดที่ดีที่สุด

การจัดกระบวนการเรียนรู้ ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่สอดคล้องตามแนวการจัดการศึกษา หมวด 4 มาตรา 22 ที่กล่าวไว้ว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้

ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ" ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น มีรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

สุวิทย์ มูลคำ (2546 : 44 – 46) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ได้นำเอาระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ โดยผู้เรียนพยายามคิดค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยใช้ลำดับขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นของวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญ ดังนี้

(1) ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบ เพราะปัญหาจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้อยากเห็น เกิดความกระตือรือร้นที่จะแก้ไขปัญหา

(2) ขั้นกำหนดสมมติฐาน เป็นขั้นที่ครูผู้สอนให้ผู้เรียนตั้งสมติฐาน เพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาจากความรู้และประสบการณ์เดิม รวมทั้งให้ผู้เรียนวางแผนหาวิธีการที่จะค้นคว้าหาข้อมูลมาจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานอันจะนำไปสู่คำตอบของปัญหา

(3) ขั้นรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนที่วางไว้ ซึ่งอาจจะเป็นการศึกษาจากตำรา การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ หรือทำการทดลอง แล้วจดบันทึกและรวบรวมข้อมูล ในขั้นนี้จะเป็นขั้นของการทดลอง และลงมือแก้ปัญหาด้วย

(4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์วินิจฉัยว่ามีความถูกต้อง เที่ยงตรง และเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด และวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุป

(5) ขั้นสรุปและประเมินผล เป็นขั้นสรุป และการนำไปใช้ ดำเนินการ คือ ผู้สอน และผู้เรียนช่วยกันสรุปข้อค้นพบเรียบเรียงให้เป็นหลักการ แนวทางหรือระเบียบ โดยอาจเรียบเรียงเป็นเรื่องหรือบทความเพื่อการนำไปใช้ และตรวจสอบสมมติฐาน และพิจารณาว่าผลการศึกษาทดลองนั้นได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่วางไว้ล่วงหน้าหรือไม่ ถ้าไม่สอดคล้องต้องแก้ไขใหม่ให้ถูกต้องต่อไป

2.2 การวัด และประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แนวทางการวัด และประเมินผลเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายของการเรียนการสอนที่วางไว้ได้ ควรมีแนวทางดังต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 231- 233)

(1) ต้องวัด และประเมินผลทั้งความรู้ความคิด ความสามารถ ทักษะ และกระบวนการเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน

(2) วิธีการวัด และประเมินผลต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด ไว้

(3) ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัด และประเมินผลอย่างตรงไปตรงมา และต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่

(4) ผลการวัด และประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องนำไปสู่การแปลผล และลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

(5) การวัด และประเมินผลต้องมีความเที่ยงตรง และเป็นธรรม ทั้งในด้านของวิธีการวัด โอกาสของการประเมินจุดมุ่งหมายของการวัดผล และประเมินผล จุดมุ่งหมายของการวัดผลและประเมินผล เพื่อวินิจฉัยความรู้ความสามารถ ทักษะ และกระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมของผู้เรียน และเพื่อซ่อมเสริมผู้เรียนให้พัฒนาความรู้ความสามารถ และทักษะได้เต็มตามศักยภาพ เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่ตัวผู้เรียนเองว่าบรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้เพียงใด เพื่อใช้ข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้ และเปรียบเทียบถึงระดับพัฒนาการของการเรียนรู้ การวัด และประเมินผล จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการเรียนการสอน วิธีการวัด และประเมินผลที่สามารถสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงของผู้เรียน และครอบคลุมกระบวนการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน ตามที่กล่าวมาแล้ว จึงต้องวัดและประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 231)

การวัดผล และประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นพบองค์ความรู้ใหม่ และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเองนั้น ครูควรต้องมีการประเมินผลตามสภาพจริง การประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) หมายถึง การตีค่าความสามารถ ความรู้สึก และทักษะที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เป็นกระบวนสังเกต การบันทึก และรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการคิด (process) การทำงาน ภาคปฏิบัติ (performance) และผลงาน (product) ของผู้เรียน เพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจเพื่อตีค่าผู้เรียน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545 : 124) ซึ่งสอดคล้องกับความหมายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่กล่าวว่า การประเมินผลตามสภาพจริง หมายถึง กระบวนการ สังเกต การบันทึก และรวบรวมข้อมูลจากงาน และวิธีการที่นักเรียนทำเพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจในการศึกษาถึงผลกระทบต่อนักเรียน การประเมินผลจากสภาพจริงจะไม่เน้นการประเมินเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่จะเน้นการประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อนในการทำงานของนักเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และการแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติจริงในการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นผู้ค้นพบ และผู้ผลิตความรู้ นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง การประเมินผลตามสภาพจริงเป็นการประเมินเพื่อต้องการทราบว่า ผู้เรียนมีความรู้

ความสามารถ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ซึ่งบูรณาการกันในตัวผู้เรียน แล้วแสดงออกมาให้ปรากฏในชีวิตประจำวันตามสภาพที่แท้จริง (Authentic Performance) มากน้อยเพียงใด ผลการประเมินตามสภาพจริงของผู้เรียนจะพัฒนามากน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับกิจกรรมการเรียนการสอนและการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) ซึ่งตามแนวทางการจัดการศึกษา หมวด 4 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22 ระบุว่า "การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด "

กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติ และเต็มศักยภาพ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด ตามมาตรา 22 ผู้สอนจะต้องปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ โดยออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Child Center) ซึ่งอาจจะมีหลักการดังนี้

(1) ผู้เรียนมีโอกาสสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Construct)

(2) ให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข (Happyness)

(3) ให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (Interaction)

(4) ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการควบคู่กับผลงาน/ความรู้ที่สรุปได้

(5) ให้ผู้เรียนมีบทบาท และส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้มากที่สุด (Participation)

(6) ให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (Application)

วิธีและแหล่งข้อมูลที่ใช้เพื่อให้การวัด และประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูล และวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) สังเกตการแสดงออกเป็นนายบุคคลหรือรายกลุ่ม

(2) ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน

(3) การสัมภาษณ์

(4) บันทึกของผู้เรียน

(5) การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียน และครู

(6) การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (Practical assessment)

(7) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment)

(8) แฟ้มผลงาน (Portfolio)

การวัดผล และประเมินผลด้านความสามารถ ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และ

ความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 233 – 234)

(1) มอบหมายงานให้ทำ งานที่มอบหมายมีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

(2) การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

(3) กำหนดตัวอย่างชิ้นงานให้ แล้วให้ผู้เรียนศึกษางานนั้น และสร้างชิ้นงานที่มีลักษณะของการทำงานได้เหมือนหรือดีกว่าเดิม

(4) สร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน โดยกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ มโนมติ ข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎต่าง ๆ และส่วนที่เป็นทักษะกระบวนการซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ (Robinson, 1972 : 48) ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงทักษะทางสติปัญญา (intellectual skills) หรือเป็นทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ (Klopfer, 1971 : 568 – 573) และแก้ปัญหาต่าง ๆ (วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2542 : 3 ; วาสนา พรมสุรินทร์, 2540 : 27)

2.3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2533) ได้กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ อันเป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาและทำให้เกิดความเจริญงอกงามมีสติปัญญาในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลอง

2.3.2 การจำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (America Association for Advancement of Science: AAAS, 1971) ได้ระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตร SAPA ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ ได้รวบรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะดังนี้ คือ (สมจิต สวนไพบูลย์, 2526)

2.3.2.1 ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (The Basic Process Skills)

ประกอบด้วย

1) การสังเกต (Observing)

2) การวัด (Measuring)

3) การคำนวณ (Using Number)

4) การจัดจำแนกประเภท (Classifying)

5) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Space / Space and Space / Time Relationship)

6) การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communicating)

7) การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)

8) การทำนายหรือการพยากรณ์ (Predicting)

2.3.2.2 ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ (The Integrated Process Skills)

ประกอบด้วย

1) การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Variables Operationally)

3) การกำหนด และควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

4) การทดลอง (Experimenting)

5) การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำเอามาใช้แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิชาอื่น ๆ ตลอดจนการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกฝังให้เกิดกับนักเรียนทุกคน ซึ่งจะส่งผลต่อการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศชาติต่อไป ซึ่งรายละเอียดของแต่ละทักษะมีดังต่อไปนี้

(1) ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือ

เหตุการณ์เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกต ลงไป

(2) ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึง การเลือก และการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสม และถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับตลอดจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้อง และใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ลอร์ด เคลวิล (อ้างอิงจาก ไพฑูรย์ ชัยประโคน, 2542) กล่าวว่า "เมื่อศึกษาสสารหรือวัตถุใดก็ตาม ถ้าไม่สามารถทำการวัดหรือแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ ก็ไม่มีแนวคิดที่จะจำข้อมูลไปศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ได้" บางครั้งการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์อาจไม่จำเป็นต้องทำการวัด เพราะข้อมูลที่ต้องการเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่เราสังเกตได้โดยผ่านประสาทสัมผัสของเรานั้นบางครั้งก็เชื่อถือไม่ได้และไม่ถูกต้อง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต ข้อมูลที่ได้จากการวัดส่วนมากจะต้องมีหน่วยกำกับไว้เสมอ และหน่วยที่ใช้อยู่เป็นสากล คือ หน่วยระบบเอสไอ (System International of Unites : SI) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีอยู่มากมายหลายชนิด จากเครื่องมือธรรมดาและง่าย เช่น ไม้บรรทัดไปจนถึงเครื่องมือที่สลับซับซ้อน เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ ฉะนั้นการวัดด้วยเครื่องมือเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยทักษะในการวัด เพื่อให้ได้ข้อมูลตัวเลขที่ถูกต้อง และเหมาะสม

(3) ทักษะการคำนวณ (Using Number) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุหรือการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการ บวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการสื่อความหมายให้ชัดเจน และเหมาะสม

(4) ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ ซึ่งอาจจะใช้เกณฑ์ความเหมือนกัน ความแตกต่างกันหรือความสัมพันธ์กัน อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ในการพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านทักษะการจำแนกประเภท ผู้เรียนต้องเริ่มต้นจากการจำแนกสิ่งของออกเป็น 2 พวก ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างใดอย่างหนึ่งจากนั้นจึงแบ่งต่อไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็นครั้งที่สอง และทำเช่นนี้เรื่อยไป จนกระทั่งสามารถระบุวัตถุนั้นจากวัตถุที่มีอยู่จำนวนหนึ่งได้

(5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา (Space / space and space / Time Relationship) หมายถึง ที่ว่างวัตถุนั้นครองที่อยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้นโดยสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติกับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

(6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing and Communication) การจัดกระทำข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองหรือจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การหาความถี่การเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การคำนวณหาค่าใหม่ เป็นต้น

การสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่จัดกระทำนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนี้ดีขึ้น อาจนำเสนอได้หลายรูปแบบ คือ

(6.1) คำพูดหรือคำบรรยาย หมายถึง ข้อความที่รัดกุมชัดเจนที่แสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันในแง่เหตุผล

(6.2) สัญลักษณ์ หมายถึง ตัวอักษรหรือเครื่องหมายที่ตกลงกันไว้ เพื่อแทนข้อความบางอย่างให้รัดกุม สะดวกและง่ายต่อการเข้าใจยิ่งขึ้น

(6.3) สมการทางวิทยาศาสตร์ ในบางครั้งการสื่อความหมายในการพูดหรือคำบรรยายยังฟังไม่รัดกุมและง่ายต่อการเข้าใจ แต่ถ้าใช้สมการทางวิทยาศาสตร์จะง่ายต่อการเข้าใจ

(6.4) ไดอะแกรม เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในแผ่นภาพ โดยปกติแล้วไดอะแกรมมักแสดงให้เห็นเฉพาะส่วนที่เป็นหลักการหรือส่วนสำคัญเท่านั้นโดยเว้นส่วนที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยทั้งหลายไว้ ดังนั้นไดอะแกรมจึงเป็นแผนภาพที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่ก็ยังแสดงให้เห็นส่วนสำคัญของเรื่องนั้น ๆ

(6.5) แผนที่ หมายถึง แผ่นภาพที่แสดงอาณาเขตหรือบริเวณพื้นที่เอาไว้เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลจากการเปลี่ยนแปลงของส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลบริเวณพื้นที่นั้น ๆ เช่น แผนที่ทางอากาศและทิศทางของกระแสลม เป็นต้น

(6.6) รูปภาพ ซึ่งอาจเกิดจากการวาดหรือการถ่ายจากของจริง เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลต่างๆ เช่น รูปภาพแสดงทางเดินของน้ำผ่านทางรากเข้าไปในท่อลำเลียงของพืช

(6.7) ตาราง เป็นการเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจหรือทดลอง แทนที่จะเขียนกระจัดกระจายก็เขียนลงในตารางให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกในการดู และง่ายต่อการเข้าใจ

(6.8) กราฟ เป็นการเสนอข้อมูลเพื่อสะดวกในการดู และง่ายต่อการแปลความหมาย

(6.9) แผนภูมิแท่ง เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้ให้เห็นชัดเจนขึ้นจะเห็นว่าการสื่อความหมายข้อมูลทำได้หลายรูปแบบ ซึ่งจะเลือกรูปแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลวัตถุประสงค์ของงานที่ศึกษา เพื่อสะดวก และง่ายต่อการแปลความหมายและสรุปผลข้อมูลในขั้นต่อไป

(7) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วยการลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกันอาจแตกต่างกัน เพราะมีประสบการณ์ต่างกัน ดังนั้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์พบวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ มักจะลงความคิดเห็นจากข้อมูลอาจเป็นไปได้หลายอย่าง ต่อจากนั้น จะมีการตรวจสอบว่าการลงความคิดเห็นข้อใดมีเหตุผลสนับสนุนอย่างเพียงพอ ในบางกรณีอาจมีการทดสอบ การลงความคิดเห็นจากบางส่วน เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานที่รัดกุมต่อไป

(8) ทักษะการทำนายหรือการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือข้อมูลจากประสบการณ์ที่เกิดซ้ำ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วย การทำนายที่แม่นยำเป็นผลจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึกและการจัดกระทำข้อมูลอย่างเหมาะสม การพยากรณ์ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์นอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การพยากรณ์ผลของข้อมูลเชิงปริมาณ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2542)

(9) ทักษะการตั้งสมมุติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่ทราบ หรือยังไม่เป็น หลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนหรือ คัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งสมมติฐาน คือ การบอกชื่อตัวแปรต้น ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตาม และในการตั้งสมมติฐานต้องทราบถึงการออกแบบการทดลองซึ่งต้องทราบว่า ตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่สมมติฐานที่ดีควรมีขอบเขตกว้างขวางครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหามากที่สุดเท่าที่จะทำได้ วิธีหนึ่งที่จะใช้พิจารณาว่าข้อความใดเป็นสมมติฐานหรือไม่ โดยการนำข้อความนั้นมาเขียนในรูปประโยค ถ้า.....แล้ว จะ.....หรือเมื่อ.....แล้วจะ..... ถ้าเขียนได้ข้อความนั้นก็เป็นสมมติฐาน

(10) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Variables Operationally) หมายถึง การกำหนดความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมุติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการ

ทดลองและบอกวิธีจัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้นการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ควรให้ความหมายที่รัดกุมและเหมาะสมกับระดับการศึกษาประกอบด้วยสาระสำคัญ 2 ประการ คือ

(10.1) ระบุสิ่งที่สังเกตได้

(10.2) ระบุการกระทำซึ่งอาจจะได้จากการวัด การทดสอบหรือการทดลอง สิ่งที่ควรคำนึงในการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

(10.2.1) ควรใช้ภาษาที่ชัดเจน ไม่กำกวม

(10.2.2) จะต้องอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำไว้ด้วย

(10.2.3) อาจมีคำอธิบายเชิงปฏิบัติการมากกว่า 1 นิยาม และคำนิยามหนึ่งอาจจะเหมาะกว่าอีกนิยามหนึ่งขึ้นอยู่กับสถานการณ์ สิ่งแวดล้อม และเนื้อหาในบทเรียนนั้น

(11) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในสมมุติฐานหนึ่งๆ

ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะแปรตามไปด้วย

ตัวแปรควบคุม หมายถึง สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลการทดลองด้วยซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน พฤติกรรมหรือความหมายที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปรแล้วคือสามารถชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

(12) ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

(12.1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนดสิ่งต่อไปนี้

(12.1.1) วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนด และควบคุมตัวแปร)

(12.1.2) อุปกรณ์และ/หรือสารเคมี ที่จะต้องใช้ในการทดลอง

(12.2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

(12.3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูล ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญและถูกต้อง

(13) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น

การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด พฤติกรรม หรือความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปแล้ว คือ

(13.1) แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

(13.2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2.4 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)

2.4.1 ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนมีความรู้สึกนึกคิดที่ก่อให้เกิดคุณสมบัติที่ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรมซึ่งได้แก่ความเป็นคนช่างสังเกต ความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล ความใจกว้าง ความเพียรพยายาม ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2540 : 2) ความคิดเห็นหรือท่าที หรือกระบวนการอย่างหนึ่งที่กำหนดการแสดงพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกต่อเนื้อหาวิชาและกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบ (วราภรณ์ อารีมิตร, 2548 : 26) พฤติกรรมนี้เมื่อเกิดขึ้นกับบุคคลใดจะมีประโยชน์อย่างมากเพราะมีผลการศึกษาค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างสรรค์ผลงานทางวิทยาศาสตร์ด้าน (รุสนี เหาะแหมอ, 2551 : เว็บไซต์) การที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการคิดการปฏิบัติ ซึ่งอาจถือว่าเป็นอุปนิสัย ลักษณะ และบุคลิกภาพของนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นด้วย ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวนี้จัดเป็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (ศูนย์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550 : เว็บไซต์)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์มิใช่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น แม้บุคคลทั่วไปหากมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะเป็นประโยชน์ต่อการทำงาน และการดำรงชีวิตอย่างยิ่ง การสอนวิทยาศาสตร์นั้นเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ครูควรปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนให้ได้ เพราะเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้บุคคลเกิดการเสาะแสวงหาความรู้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด และยังช่วยให้เข้าใจถึงหลักวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีพื้นฐานที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวัน

เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเชื่อ ความคิด ความรู้สึกของบุคคล ที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ วีรเดช เกิดบ้านตะเคียน, 2546 : 54) โดยพฤติกรรมที่แสดงออกนั้นจะมี 2 ลักษณะ คือ

(1) เจตคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาในลักษณะพึงพอใจ ความชอบ อยากเรียน และอยากเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

(2) เจตคติเชิงลบต่อวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาในลักษณะไม่พอใจ ไม่ชอบ ไม่อยากเรียน และไม่อยากเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกทางจิตใจที่เอื้อต่อการสืบเสาะหาความรู้ อันได้แก่ การเป็นคนมีเหตุผล ความเป็นคนช่างสังเกต ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้างและยอมรับฟังความคิดใหม่ ๆ ความเพียรพยายาม ความซื่อสัตย์ ความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อนำไปสู่ชีวิตที่มีคุณภาพ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ไม่เหมือนกับเจตคติของบุคคล ที่แสดงพฤติกรรมต่อสิ่งต่าง ๆ โดยทั่วไป เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการ (Process) ที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำ เพื่อค้นหาความรู้และให้ได้มาซึ่งความรู้ที่ถูกต้อง เป็นจริง และเป็นที่ยอมรับ ดังนั้น บุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นบุคคลที่มีคุณสมบัติ ดังนี้

2.4.2 คุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

2.4.2.1 เป็นคนที่มีเหตุผล

1) จะต้องเป็นคนที่ยอมรับ และเชื่อในความสำคัญของเหตุผล

2) ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ

3) ค้นหาสาเหตุของปัญหาหรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

4) ต้องเป็นบุคคลที่สนใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และจะต้องเป็นบุคคลที่พยายามค้นหาคำตอบว่า ปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนั้น

2.4.2.2 เป็นคนที่มีความอยากรู้อยากเห็น

1) มีความพยายามที่จะเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ

2) ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมเสมอ

3) จะต้องเป็นบุคคลที่ชอบซักถาม ค้นหาความรู้โดยวิธีการต่าง ๆ อยู่เสมอ

2.4.2.3 เป็นบุคคลที่มีใจกว้าง

1) เป็นบุคคลที่กล้ายอมรับการวิพากษ์วิจารณ์จากบุคคลอื่น

2) เป็นบุคคลที่จะรับรู้และยอมรับความคิดเห็นใหม่ ๆ อยู่เสมอ

3) เป็นบุคคลที่เต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดให้แก่บุคคลอื่น

4) ตระหนักและยอมรับข้อจำกัดของความรู้ที่ค้นพบในปัจจุบัน

2.4.2.4 เป็นบุคคลที่มีความซื่อสัตย์ และมีใจเป็นกลาง

1) เป็นบุคคลที่มีความซื่อตรง อดทน ยุติธรรม และละเอียดรอบคอบ

2) เป็นบุคคลที่มีความมั่นคง หนักแน่นต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์

3) สังเกต และบันทึกผลต่าง ๆ อย่างตรงไปตรงมาไม่ลำเอียง และมีอคติ

2.4.2.5 มีความเพียรพยายาม

1) ทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จสมบูรณ์

2) ไม่ท้อถอยเมื่อผลการทดลองล้มเหลว หรือมีอุปสรรค

3) มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการค้นหาความรู้

2.4.2.6 มีความละเอียดรอบคอบ

1) รู้จักใช้วิจารณญาณก่อนที่จะตัดสินใจใด ๆ

2) ไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดจนกว่าจะมีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้

3) หลีกเลี่ยงการตัดสินใจ และการสรุปผลที่ยังไม่มีการวิเคราะห์แล้วเป็นอย่างดี

2.4.3 ลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.4.3.1 เจตคติที่เกิดจากการใช้ความรู้

1) กฎเกณฑ์ ทฤษฎี และหลักการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

2) การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยถือผลที่เกิดจากการสังเกต ทดลอง ตามที่เกิดจริง โดยอาศัยข้อมูลองค์ประกอบที่เหมาะสม

2.4.2.2 เจตคติที่เกิดจากความรู้สึก

1) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์มุ่งที่ก่อให้เกิดความคิดใหม่ ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ คุณค่าสำคัญจึงอยู่ที่การสร้างทฤษฎี

2) ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์จะมีมากขึ้นถ้าได้รับการสนับสนุนจากบุคคล

3) การเป็นนักวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีคุณค่า

2.4.4 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ กับจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทุกสาขาวิชา ทุกระดับชั้นก็ต้องยึดถือหลักการดังกล่าวเช่นเดียวกัน คือ จะต้องสอนให้ผู้เรียนเจริญงอกงามไปพร้อมกันทั้ง 3 ด้าน โดยในแต่ละระดับชั้น หรือแต่ละหลักสูตรอาจมีการเน้นหรือกำหนดสัดส่วนที่แตกต่างกันไปบ้างเท่านั้นซึ่งเจตคติที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นประกอบไปด้วย

2.4.4.1 ด้านความรู้ความคิด หรือพุทธิพิสัย (C) เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการพัฒนาทางด้านสติปัญญา ความคิด หรือพัฒนาสมองของผู้เรียนให้เจริญงอกงาม ซึ่งก็คือการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหลายในส่วนที่เป็น ตัวองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Body of scientific knowledges) อันได้แก่ ข้อเท็จจริง (Fact) แนวความคิดหรือสังกัป์ (Concept) หลักการหรือกฎ (Principle & Law) และ ทฤษฎี (Theory) ซึ่งจะมีความลึกซึ้งกว้างขวางแตกต่างกันไปตามระดับชั้นหรือหลักสูตร

2.4.4.2 ด้านความรู้สึก หรือจิตพิสัย (A) เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาเจริญงอกงามในส่วนที่เป็นเรื่องของจิตใจและความรู้สึก ที่สำคัญได้แก่ ความสนใจ (Interests) ความซาบซึ้ง (Appreciations) ค่านิยมและความเชื่อ (Values & Beliefs) และเจตคติ (Attitudes)

2.4.4.3 ด้านทักษะปฏิบัติ หรือปฏิบัติพิสัย (P) เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการพัฒนาให้ผู้เรียนได้เจริญงอกงาม มีทักษะ ความชำนาญในการปฏิบัติ หรือทำเป็น

2.4.5 แนวทางการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

การปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นนั้นเป็นหน้าที่ของครูผู้สอน แนวทางในการดำเนินการและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีผู้เสนอไว้ดังนี้

คณะกรรมการการพัฒนาการสอน (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525 : 57-58) ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

(2) การมอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการทดลองควรให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบจากงานที่ได้รับมอบหมาย

(3) การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้

(4) ขณะทำการสอนครูควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์หลาย ๆ ด้าน หรือฝึกประสาทสัมผัสหลาย ๆ ทาง ได้แก่ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่เพื่อเร้าให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น การให้ความเอาใจใส่ของครูเหล่านี้ เป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติได้

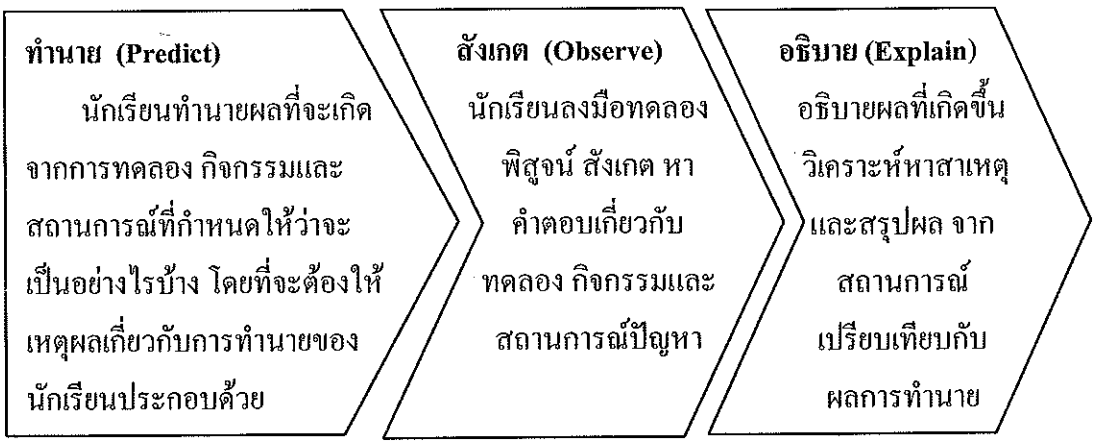
(5) การสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกเจตคติทางวิทยาศาสตร์แต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหา บทเรียน และวัยของนักเรียน จากข้อเสนอแนะในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนพบว่า ครูผู้สอนควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนมีโอกาสแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มทั้งการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสมของเนื้อหาและวัย

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527 : 25) เสนอว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ส่วนมากจะเกิดจากการที่เด็กได้เรียนรู้เรื่องราวของวิทยาศาสตร์ และเกิดจากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างจริงจัง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี การดำเนินการเรียน หรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2.5 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นยุทธศาสตร์การสอนที่มีแนวคิดพื้นฐานจากกลุ่มนักศึกษาคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีหลักการสำคัญเกี่ยวกับความรู้เดิมและการสร้างองค์ความรู้ใหม่ (Kearney & Treagust, n.d. ; Baodi, 2003 อ้างอิงจาก เรืองศักดิ์ ไตรฟื้น, 2549) ช่วยสำรวจตรวจและตัดสินใจในความคิดของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำนายผลและการให้เหตุผล ถ้าในขั้นตอนการสังเกตของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) มีความขัดแย้งกับการทำนายผลของนักเรียน อาจจะเป็นไปได้ว่าผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่หรือมีการเปลี่ยนแปลงแนวความคิด (Searle & Gunstone, 1990 ; Tao & Gunstone, 1979 อ้างอิงจาก เรืองศักดิ์ ไตรฟื้น, 2549) สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่และอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิม (White & Gunstone, 1992 ; Baodi, 2003) ซึ่งการจัดการ

เรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำนาย ขั้นสังเกต และขั้นอธิบาย (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

(1) ขั้นการทำนายผล (Predict : P)

ครู : จะเป็นผู้นำเสนอสถานการณ์ ยกตัวอย่าง หรือสาธิตการทดลองและทำการตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ หรือการทดลองนั้นเพื่อให้นักเรียนได้ทำนายผล

นักเรียน : ทำนายผลการทดลองที่ควรจะเป็นไปได้จากการทดลองที่ครูตั้งขึ้น

(2) ขั้นการหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหา (Observe : O)

ครู : จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองให้พร้อม ตรวจสอบทำความเข้าใจกับนักเรียนถึงวิธีการทดลองให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน พร้อมทั้งดูแลให้คำปรึกษานักเรียนในขณะที่นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์หรือการทดลอง

นักเรียน : ออกแบบการทดลองจากอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมให้ ทำการทดลอง สังเกต สืบค้นข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา หรือการทดลองนั้นๆ

(3) ขั้นการอธิบาย (Explain : E)

ครู : อภิปรายและลงข้อสรุปจากผลที่นักเรียนได้จากการทำนายและหาคำตอบของนักเรียนโดยร่วมกันอภิปรายกับนักเรียนทั้งชั้นเรียน

นักเรียน : อธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหาคำตอบ ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

มีผลงานวิจัยอยู่หลายเรื่องที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ (วิทวัส ดวงภุมเมศ, 2548) การจัดการเรียนรู้วิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคซิมเพล็กซ์ในรายวิชาฟิสิกส์(สุพรรณี พรพุทธิชัย, 2551) เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (ฐิตินันท์ โจณะสิทธิ์, 2549) ในรายวิชาเคมี เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน (อภิญญา ซื่อตระกูลพานิชย์, 2550) การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้บทเรียนเว็บเควสท์ในรายวิชาฟิสิกส์ (อนุสรา เสนไสย, 2551) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม (วราภรณ์ สีดำนิล, 2550 ; ปุณย์จรีย์ กัมปนาทโกศล, 2553) การสอนแบบปฏิบัติการทดลองวิชา ชีววิทยา (วิโรจน์ เฉลยสุข, 2541) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 นอกจากนี้ การสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง คือในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วยขั้นตอน 5 ขั้นดังนี้ 1) การสำรวจและค้นหา (Explore) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและค้นหาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำลังจะเรียน 2) การวินิจฉัย (Diagnose) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จูงใจให้นักเรียนแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน เพื่อร่วมกันวิเคราะห์และประเมินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่กำลังจะเรียนมากน้อยเพียงใด หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใดบ้าง 3) การออกแบบ (Design) หมายถึง ขั้นตอนของการเรียนรู้ที่อาจเกิดจากการออกแบบวิธีการเรียนรู้โดยตัวนักเรียนเอง หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครู เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียน 4) การอภิปราย (Discuss) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจโดยอภิปรายและลงข้อสรุป โดยมีแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ สนับสนุน เพื่อทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างชัดเจน 5) การนำความรู้ไปใช้ (Use) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนไปแล้วสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ผลการวิจัยพบว่าพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองทันทีและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า

นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา (ชัยณรงค์ แก้วสุก, 2550) โดยรูปแบบการสอนเหล่านี้เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงเพื่อหาคำตอบของปัญหา ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการปฏิบัติ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ POE ในรายวิชาวิทยาศาสตร์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) ถูกนำไปใช้กันมากในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์งานและพลังงาน (น้ำค้าง จันทร์เสริม, 2552) สำรวจมโนมติทางเลือกเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (Mabout, 2549 ; เกียรติมณี บำรุงไร่, 2553) แสงและการเกิดภาพ (คำไพย พานุสี, 2553) โดยในการวิจัยได้ทำการสำรวจมโนมติก่อนเรียนเพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 ได้พัฒนามโนมติทางเลือกไปสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ของสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่นเดียวกับการศึกษาตัวแทนความคิดเรื่องของไหล (สงกรานต์ มูลศรีแก้ว, 2553) แสง (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) พบว่านักเรียนมีตัวแทนความคิดที่แสดงออกมาใกล้เคียงกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องแรงและความดัน (หุมพันธ์ ขันทวี, 2553 ; รัตนาภรณ์ กลางมณี, 2553) แรงและการเคลื่อนที่ (วนิชา ประยูรย์พันธุ์, 2553) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดให้ร้อยละ 70 นอกจากนี้การใช้สื่อมัลติมีเดียเป็นฐานนั้นช่วยส่งเสริมการเรียนแบบสนทนาโต้แย้ง (Matthew Kearney, 2547) และเมื่อนำรูปแบบการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ควบคู่ไปกับการใช้คอมพิวเตอร์นั้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายในการเรียนการสอนวิทยาสาสตร์ วิชาฟิสิกส์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Matthew Kearney, 2544) ถูกนำไปใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องจลนพลศาสตร์ เคมีโดยให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติทดลองได้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี แนวคิดเกี่ยวกับจลศาสตร์เคมีดีขึ้นนอกจากนี้นักเรียนยังมีความสนุกกับการเรียนมากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเดิม (Sanoe Chairam, 2553)

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี

เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี โดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เช่น การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในหัวข้อไฟฟ้าเคมี : เซลล์กัลวานิก (พรรณธิรา มั่นใจ, 2550) การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการสอนร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ศิริวัฒนา คุณปรีกษา, 2552) การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ โดยใช้รูปแบบเหมาะสมกับเนื้อหา ได้แก่การสร้าง

ผลสัมฤทธิ์ของทีม แบบกลุ่มแข่งขัน แบบกลุ่มร่วมมือและแบบต่อบทเรียน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีความพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าเรื่องไฟฟ้าเคมีเป็นเนื้อหาที่สามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายและจะได้ผลดียิ่งขึ้นเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติร่วมกับการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมใจ (พรทิพย์ เมืองแก้ว, 2553)

จากการวิจัยทั้งในและต่างประเทศพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยายาศาสตร์นั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้นั้นนักเรียนจะต้องได้เป็นเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง และเนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าเคมีก็เป็นเนื้อหาที่มีการทดลองที่หลากหลายเหมาสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองเป็นขั้นตอนตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ เนื่องจากนักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเองทั้งหมดทั้งการทำนาย (Predict) การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การสังเกต ในขั้นสังเกต (Observe) การนำข้อมูลมาสรุปและอภิปรายผลในขั้นในขั้นของการอธิบาย (Predict) เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์กล่าว จากนั้นก็ให้นักเรียนบอกสิ่งที่สังเกตได้ และอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้ทำนายไว้กับผลจากการสังเกต การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เกี่ยวกับการนำความรู้เดิมมาเป็นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวผู้เรียนเอง (Kearney & Treagust, n.d. ; Baodi, 2003 ; อ้างอิงจากเรืองศักดิ์ ไตรฟื้น, 2549) และจากงานวิจัยของ วราภรณ์ สีดำนิล (2550) ปุณย์จรีย์ กัมปนาทโกศล (2553) พบว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิซึมสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจจะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมีให้สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ตามลำดับ หัวข้อต่อไปนี้

3.1 รูปแบบแผนการศึกษาวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือในการวิจัย

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบแผนการศึกษาวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย Pre-Experimental Design แบบหนึ่งกลุ่ม สอบก่อน- สอบหลัง (One -Group Pretest- Posttest Design) (Tuckman, 1999 อ้างถึงใน วราภรณ์, 2550) ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง ดังนี้

O_1	X	O_2

เมื่อ

O_1 ทดสอบก่อนเรียน (pretest)

X การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

O_2 ทดสอบหลังเรียน (posttest)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนคือขั้นทำนาย ขั้นสังเกต และขั้นอธิบาย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 12 คาบ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบไปด้วยการทดลอง (ตารางที่ 3.1) ซึ่งเป็นการทดลองที่ผู้วิจัยได้ปรับให้เข้ากับบริบทของโรงเรียน

ตารางที่ 3.1 สรุปเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการวิจัย

แผนที่	เนื้อหา	เรื่อง	จำนวนคาบ
1	ปฏิกริยารีดอกซ์	การทดลองปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ	2
2	เซลล์กัลวานิก	การทดลองสร้างเซลล์กัลวานิก	4
3	เซลล์อิเล็กโทรไลต์	การทดลองการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า	1
4	เซลล์อิเล็กโทรไลต์	การทดลองการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า	2
5	เซลล์อิเล็กโทรไลต์	การทดลองการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า	1
6	การผุกร่อนของโลหะและการป้องกัน	การทดลองการป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก	2
รวม			12

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดขั้นตอนวิธีการในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ดังตารางที่ ข.1 (ภาคผนวก ข)

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี เป็นข้อสอบปรนัย จำนวน 40 ข้อ โดยแบบทดสอบได้ผ่านการหาความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี 3 ท่าน และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder–Richardson มีค่าเท่ากับ 0.93

3.2.3 แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 12 ทักษะ ให้ผู้สังเกตให้คะแนนพฤติกรรมของนักเรียนขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมตามการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ใช้ประเมินนักเรียนเป็นรายกลุ่ม แบบประเมินประกอบด้วยสองส่วนคือ ใบประเมินทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และ เกณฑ์การให้คะแนนโดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อจะแบ่งเป็น 4 ระดับคือ 0, 1, 2 และ 3 ในแต่ละระดับจะระบุพฤติกรรมที่จะได้คะแนนในระดับนั้นไว้อย่างละเอียด โดยผู้ประเมินจะให้คะแนนตลอดเวลาที่นักเรียนทำกิจกรรม

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 มีโครงสร้างแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ชนิด 5 ระดับ ซึ่งแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ประเด็น โดยสอบถามความพอใจต่อรูปแบบการสอน ประโยชน์และการนำไปใช้ของรูปแบบการสอนการเรียนรู้เป็นกลุ่มคละความสามารถ และบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิดถามเกี่ยวกับ สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ไม่ชอบ และสิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุงแก้ไขในแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

3.3 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือในการวิจัย

3.3.1 แผน การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) จำนวน 6 แผน

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.1.1 ศึกษารายละเอียดหลักสูตร จุดประสงค์ คำอธิบายรายวิชา เนื้อหาวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนมัธยมตระการพืชผล กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

3.3.1.2 ศึกษาการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

3.3.1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง

3.3.1.5 นำแผนการสอนที่สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี จำนวน 3 คน ตรวจสอบดูความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความชัดเจน ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ แก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้มีความชัดเจนในการจัดกิ่จกรรมมากขึ้น แก้ไขภาษาในการเขียน ปรับวิธีการประเมินผล

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรังปรุงแก้ไข

3.3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านเกณฑ์แล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

3.3.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองสอนในกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตร เอกสาร ตำรา ขอบข่ายเนื้อหาและคำอธิบายรายวิชาเคมี 4 (ว 40224) เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

3.3.2.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนที่ใช้ในการทดสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบ โดยใช้ตารางวิเคราะห์เนื้อหา

3.3.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้ครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบดูความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจน ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้กับนักเรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่เคยเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมีมาแล้ว เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์

3.3.2.6 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) เกณฑ์ความยากของข้อสอบกำหนดไว้ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) เกณฑ์อำนาจจำแนกของข้อสอบกำหนดไว้ 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบเพื่อทดลองจริง โดยครอบคลุมเนื้อหา และตรงตามตารางวิเคราะห์เนื้อหาที่กำหนดไว้

3.3.2.7 หาความเชื่อมั่นแบบทดสอบ โดยใช้สูตรสหพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) เกณฑ์การหาความเชื่อมั่นของข้อสอบกำหนดไว้ 0.80 ขึ้นไป

3.3.2.8 นำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์แล้ว ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำไปเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.3 แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาตำรา เอกสาร ที่เกี่ยวกับการสร้างแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (เชิดชัย อมรกิจบำรุง, 2548)

3.3.3.2 กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3.3.3 สร้างแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 12 ทักษะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 6 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	
1. การสังเกต	0	ไม่มีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัส ใช้ประสบการณ์ ความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูล ไม่มีการจดบันทึกจากการสังเกต
	1	มีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างละเอียด ใช้ประสบการณ์ความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูลบางส่วน มีการจดบันทึกจากการสังเกต
	2	มีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างละเอียด ไม่ใช้ประสบการณ์ความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูล มีการจดบันทึกจากการสังเกตได้อย่างถูกต้อง
	3	มีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างละเอียดและคล่องแคล่ว ไม่ใช้ประสบการณ์ ความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูล มีการจดบันทึกจากการสังเกตได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
2. การวัด	0	ไม่มีการวางแผนการเลือกใช้เครื่องมือ ใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ไม่ถูกต้อง ใช้หน่วยของปริมาณต่างๆที่นำมาวัดไม่ถูกต้อง
	1	มีการวางแผนการเลือกใช้เครื่องมือ ใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่างได้อย่างถูกต้อง ใช้หน่วยของปริมาณต่าง ๆ ที่นำมาวัดได้อย่างถูกต้อง
	2	มีการวางแผนการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่างได้อย่างถูกต้อง ใช้หน่วยของปริมาณต่างๆที่นำมาวัดได้อย่างถูกต้อง
	3	มีการวางแผนการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่างได้อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว ใช้หน่วยของปริมาณต่างๆที่นำมาวัดได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	
3.การคำนวณ	0	เลือกใช้สูตรในการคำนวณไม่ถูก หรือบอกวิธีในการคิดคำนวณไม่ถูก
	1	เลือกใช้สูตรในการคำนวณหรือบอวิธีที่ใช้ในการคำนวณได้ แทนค่าตัวเลขลงในสูตรไม่ถูกต้อง บวก ลบ คูณ หาร เพื่อหาคำตอบไม่ถูกต้อง
	2	เลือกใช้สูตรในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง แทนค่าตัวเลขลงในสูตรได้ถูกต้อง บวก ลบ คูณ หาร เพื่อหาคำตอบไม่ถูกต้อง
	3	เลือกใช้สูตรในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง แทนค่าตัวเลขลงในสูตรได้ถูกต้อง บวก ลบ คูณ หาร เพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา	0	ไม่สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้
	1	สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้แต่ภาพที่วาดไม่มีความชัดเจนคล้ายจริง
	2	สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้ และภาพที่วาดมีความคล้ายจริงบางส่วน
	3	สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้ และภาพที่วาดมีความคล้ายจริง สื่อความหมายถูกต้องชัดเจน
5. การลงความเห็นจากข้อมูล	0	อธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตไม่ถูกต้อง บอกความแตกต่างระหว่างการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และข้อมูลจากการสังเกตไม่ได้
	1	อธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตได้แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด บอกความแตกต่างระหว่างการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และข้อมูลจากการสังเกตได้บางส่วน
	2	ใช้ความรู้อธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตได้ถูกต้อง บอกความแตกต่างระหว่างการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และข้อมูลจากการสังเกตได้
	3	อธิบายหรือสรุปเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับความคิดเห็นที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย บอกความแตกต่างระหว่างการลงความคิดเห็นจากข้อมูลและข้อมูลจากการสังเกตได้ อธิบาย และแสดงให้เห็นวิธีการสังเกตเพิ่มเติมเพื่อทดสอบการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่ได้กระทำไปแล้ว

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	0	ไม่จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
	1	จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตาราง หรือกราฟแต่ยังไม่ถูกต้อง
	2	จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตาราง หรือกราฟได้ถูกต้อง
	3	จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเสนอออกมาในรูปของตาราง หรือกราฟได้ถูกต้อง สื่อความหมายได้ชัดเจน
7. การทำนาย	0	คาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นโดยไม่อาศัยความรู้จากหลักการ กฎ หรือทฤษฎี
	1	คาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยความรู้จากหลักการ กฎ หรือทฤษฎี
	2	คาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยความรู้จากหลักการ กฎ หรือทฤษฎี อยู่ภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณ
	3	คาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ถูกต้องโดยอาศัยความรู้จากหลักการ กฎ หรือทฤษฎี อยู่ภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณ
8. การควบคุมตัวแปร	0	ไม่มีการระบุตัวแปร
	1	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองแต่ไม่ถูกต้อง
	2	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้ถูกต้องบางส่วน
	3	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
9. การตั้งสมมติฐาน	0	ไม่มีการหาคำตอบล่วงหน้า
	1	หาคำตอบล่วงหนน้าก่อนมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกตและประสบการณ์เดิมได้
	2	หาคำตอบล่วงหนน้าก่อนมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกตและประสบการณ์เดิมได้ แยกแยะข้อมูลการสังเกตที่สนับสนุนไม่สนับสนุนสมมติฐานได้

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	
9. การตั้งสมมติฐาน (ต่อ)	3	มีการหาคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความรู้ก่อนการทดลอง และตั้งสมมติฐานได้ถูกต้องตรงตามผลการทดลอง แยกแยะข้อมูลการสังเกตที่สนับสนุนไม่สนับสนุนสมมติฐานได้ถูกต้อง
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	0	ไม่มีการกำหนดความหมายของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ
	1	มีการกำหนดความหมายของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ แต่ไม่ถูกต้อง
	2	มีการกำหนดความหมายของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน ถูกต้องบางส่วน
	3	มีการกำหนดความหมายของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน ได้ถูกต้อง ครอบคลุม ชัดเจน
11. การทดลอง	0	ไม่มีการออกแบบการทดลอง ไม่มีการรายงานผลการทดลอง
	1	มีการออกแบบการทดลอง แต่ไม่ทำการทดลองตามขั้นตอนที่วางไว้ มีการบันทึกผลการทดลอง มีการรายงานผลการทดลองแต่ไม่มีรูปแบบการเขียนรายงาน
	2	มีการออกแบบการทดลอง ทำการทดลองตามขั้นตอนที่วางไว้ ใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องบางอย่าง บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง มีการรายงานผลการทดลองตามรูปแบบการเขียนรายงานถูกต้องบางส่วน
	3	มีการออกแบบการทดลอง ทำการทดลองตามขั้นตอนที่วางไว้ ใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่ว มีการรายงานผลการทดลองตามรูปแบบการเขียนรายงานได้ถูกต้อง

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	
12. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	0	ไม่มีการวิเคราะห์ ไม่มีการสรุปผล
	1	มีการวิเคราะห์แต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูล
	2	มีการอธิบายความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้ถูกต้อง มีการวิเคราะห์ และสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน
	3	อธิบายความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้ถูกต้อง มีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องตามผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้โดยการให้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้านและรายข้อ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความหมายของระดับคะแนนในแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (เชิดชัย อมรกิจบำรุง, 2548)

ระดับคะแนน	ร้อยละ	ระดับของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
0.00 – 0.50	0 - 16.67	ควรปรับปรุง
0.51 – 1.50	16.68 - 50.00	พอใช้
1.51 - 2.50	50.01 - 83.33	ดี
2.51 - 3.00	83.34 - 100	ดีมาก

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มุ่งพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีตัวอย่างกิจกรรมที่วัดและประเมินผล ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และตัวอย่างวิธีการวัดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	แผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมที่วัดและประเมินผล
1. การสังเกต	1-6	ตรวจบันทึกผลการสังเกตของนักเรียนในใบกิจกรรม โดยนักเรียนสังเกตโดยไม่มีความคิดเห็นส่วนตัวและประสบการณ์ ผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลองว่ามีการใช้ทักษะและประสาทสัมผัสในการสังเกตผลการทดลองได้ถูกต้อง
2. การวัด	2-6	ผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลองว่านักเรียนเลือกใช้เครื่องมือเพื่อทำปฏิบัติการได้ถูกต้องตามหลักการใช้งานหรือไม่
3. การคำนวณ	2-6	ผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลองว่ามีการคำนวณตัวเลขต่าง ๆ ได้ถูกต้องหรือไม่ และ ตรวจรายงานการทดลองของนักเรียนว่านักเรียนเลือกใช้วิธีในการคำนวณ และหาคำตอบได้ถูกต้อง
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา	1-6	ตรวจ การออกแบบการทดลองและรายงานการทดลองโดยนักเรียนสามารถวาดภาพ สื่อความหมายถูกต้องชัดเจน
5. การลงความเห็นจากข้อมูล	1-6	ตรวจรายงานการทดลองนักเรียนต้องสามารถสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องชัดเจนตรงตามทฤษฎี และสามารถอธิบายผลการทดลองที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎีได้
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1-6	ตรวจรายงานการทดลองนักเรียนนำเสนอผลการทดลองออกมาในรูปของตาราง หรือกราฟได้ถูกต้องสื่อความหมายได้ชัด

ตารางที่ 3.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และตัวอย่างวิธีการวัดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	แผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมที่วัดและประเมินผล
7. การทำนาย	1-6	ตรวจผลการทำนายก่อนการทดลองในใบงานโดยนักเรียนสามารถคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ถูกต้องตรงกับผลการทดลอง
8. การควบคุมตัวแปร	1-6	ตรวจรายงานผลการทดลองนักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
9. การตั้งสมมติฐาน	1-6	ตรวจรายงานผลการทดลองโดยนักเรียนตั้งสมมติฐานได้ถูกต้องตรงตามผลการทดลอง
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1-6	ตรวจรายงานผลการทดลองและผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนทดลองว่านักเรียนมีการกำหนดความหมายของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน ได้ถูกต้อง
11. การทดลอง	1-6	ผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองว่านักเรียนมีการออกแบบการทดลอง ทำการทดลองตามขั้นตอนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์ได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้องตามหลักการใช้งาน มีการบันทึกผลและเขียนรายงานสรุปได้ถูกต้อง
12. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1-6	ตรวจรายงานผลการทดลอง และผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนนำเสนอผลการทดลองว่านักเรียนมีการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

3.3.3.4 นำแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ภาษาที่ใช้ และเกณฑ์การให้คะแนน และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ IOC (Index of Item Objectives Congruence) นำตารางวิเคราะห์ค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่าง 0.67 – 1.00

3.3.3.5 นำแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำไปประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3.3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.4.1 ศึกษาตำรา เอกสาร ที่เกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้ (วีรเดช เกิดบ้านตะเคียน, 2546)

3.3.4.2 กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้

3.3.4.3 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 6 โดยสร้างแบบสอบถามเป็นแบบ linkert scale (วีรเดช เกิดบ้านตะเคียน, 2546) ใน 4 ประเด็นคือ (1) รูปแบบการสอน (2) ประโยชน์ และการนำไปใช้ของรูปแบบการสอน (3) การเรียนรู้เป็นกลุ่ม และ (4) บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน

3.3.4.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ภาษาที่ใช้ และการประเมินที่ถูกต้อง และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ IOC (Index of Item Objectives Congruence) นำตารางวิเคราะห์ค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่าง 0.67 – 1.00 โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะ ปรับแก้ไขข้อความในแบบสอบถามให้มีความชัดเจน จัดหมวดหมู่ของการสอบถาม

3.3.4.5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการทดลอง ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 ขั้นก่อนการทดลอง เป็นขั้นที่ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี แบ่งนักเรียนกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มคละเก่ง กลาง อ่อน จำนวนกลุ่มละ 6 คน 7 กลุ่ม และกลุ่มละ 5 คน 1 กลุ่ม

3.4.2 ขั้นทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนจะมีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการประเมินนักเรียนเป็นรายกลุ่ม ใช้ผู้ประเมิน 2 ท่านในการสังเกต และให้คะแนนการให้คะแนนแต่ละข้อ มีระดับคะแนนเป็น 3, 2, 1 และ 0 ซึ่งผู้ประเมินต้องพิจารณาพฤติกรรมแต่ละขั้นตอน แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในแต่ละขั้นตอนที่แนบมาพร้อมกับแบบประเมิน

3.4.3 ขั้นรวบรวมข้อมูล หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากนั้นทำการวัดผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือดังนี้ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ข้อมูลประกอบเพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมตามวัตถุประสงค์การวิจัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.5.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำคะแนนจากแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และแปลความหมายดังตารางที่ 3.3

3.5.2 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการจัดการเรียนรู้ นำคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ

3.5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี นำคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า T-test ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้ normalized gain <g> (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2552)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

หลังจากดำเนินการจัดการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) และเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์การวิจัยในบทที่ 1 ดังนี้

4.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.1.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) จำนวน 12 ทักษะ ถูกประเมินจากแบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและให้ผู้สังเกต 2 ท่าน ให้คะแนนโดยสังเกตจากพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และตรวจรายงานผลการทดลอง ผลการสังเกตแสดงในตารางตารางที่ 4.1 พบว่าโดยภาพรวมนักเรียนมีแนวโน้มพัฒนาการทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จะเห็นว่าทักษะทางกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังมีค่าต่ำ (ยกเว้นทักษะการวัดและการคำนวณ) แต่เมื่อนักเรียนได้ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) แล้ว พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเกตของผู้วิจัยที่พบว่าในการเรียนรู้ครั้งที่ 1 นักเรียนจะยังไม่กล้าที่จะวางแผนหรือลงมือทดลองในทันทีเนื่องจากไม่แน่ใจในการทำการทดลอง จะคอยสังเกตหรือดูจากกลุ่มอื่นบ้าง หรือรอถามครูบ้างว่าถูกหรือไม่ ส่วนในการเรียนรู้ในครั้งต่อ ๆ ไปนักเรียนสามารถที่จะวางแผนและลงมือปฏิบัติการทดลองได้คล่องแคล่วมากขึ้น และเมื่อทดลองแล้วได้ผลการทดลองที่ถูกต้องจะดีใจและทดลองซ้ำ ๆ และยังช่วยให้คำแนะนำกลุ่มอื่นที่ทำการทดลองเสร็จทีหลัง หรือทำการทดลองไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนบางส่วนจะทำการศึกษาวิธีการทดลองในหนังสือเรียนของ สสวท. ล่วงหน้าก่อนเรียนเพื่อที่จะสามารถออกแบบการทดลองได้ถูกต้องและจะคอยถามครูถึงวิธีการทดลองก่อนที่จะถึงชั่วโมงเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนและใส่ใจในการเรียนมากขึ้น (เพชรี รูปวิเชตร, 2545)

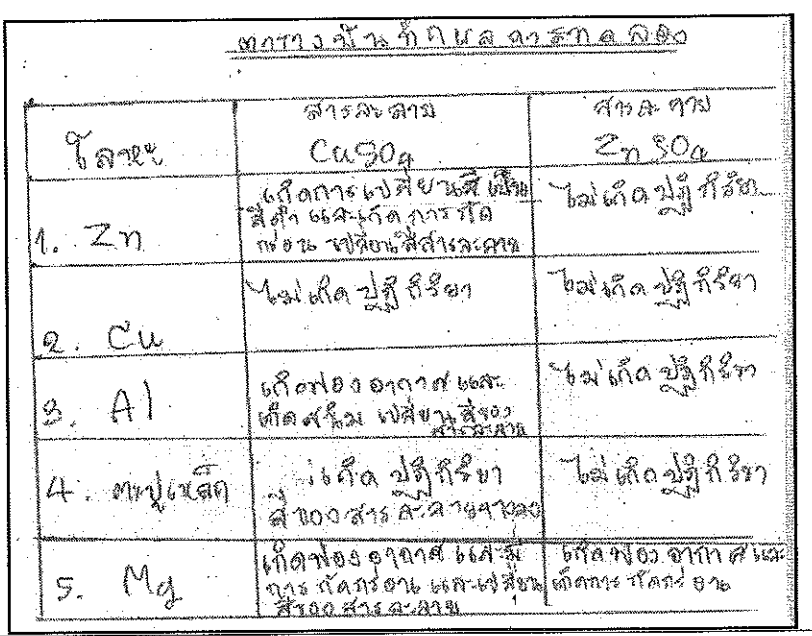
ตารางที่ 4.1 ผลการสังเกตทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 12 ทักษะ	ระดับคะแนนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ (%)						$\bar{x}$	SD
	1	2	3	4	5	6		
1. การสังเกต	81.25	77.08	95.83	95.83	95.83	100	90.97	9.38
2. การวัด	-	72.92	75.00	81.25	83.33	72.92	77.08	4.89
3. การคำนวณ	-	37.50	79.17	79.17	87.50	75.00	71.67	19.63
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติฯ	62.50	62.50	79.17	81.25	70.83	75.00	73.75	8.10
5. การลงความเห็นจากข้อมูล	64.58	72.92	77.08	79.17	77.08	79.17	75.00	5.59
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	64.58	75.00	79.17	85.42	79.17	77.08	76.74	6.90
7. การทำนาย	52.08	77.08	79.17	83.33	81.25	72.92	74.31	11.46
8. การควบคุมตัวแปร	60.42	70.83	79.17	83.33	70.83	87.50	75.35	9.90
9. การตั้งสมมติฐาน	54.17	77.08	79.17	79.17	75.00	87.50	75.35	11.21
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	73.33	75.00	79.17	83.33	79.17	79.17	78.19	3.55
11. การทดลอง	52.08	77.08	79.17	89.58	85.42	91.67	79.17	12.03
12. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	37.50	54.17	66.67	70.83	72.92	70.83	62.15	13.09

หมายเหตุ เครื่องหมาย (-) หมายถึง ไม่มีคะแนนสำหรับทักษะนั้น เนื่องจากในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะนักเรียนไม่ได้ใช้ทักษะการวัดและทักษะการคำนวณ จึงไม่มีผลการสังเกต

4.1.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวม

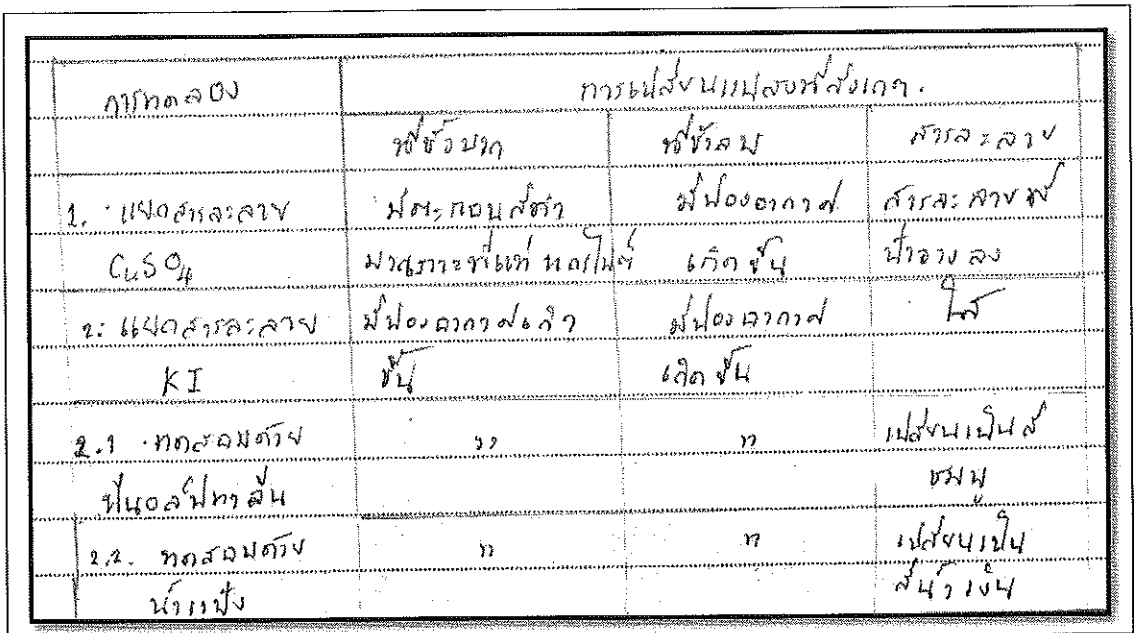
ผลการสังเกตพบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีคือผ่านเกณฑ์การประเมินสูงกว่าร้อยละ 60 ทุกทักษะ โดยทักษะการสังเกตมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90.97 อยู่ในระดับดีมาก และทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทำนาย ทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการทดลอง ผ่านเกณฑ์การประเมินมากกว่าร้อยละ 70 ส่วนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 62.15 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากทักษะการสังเกตเป็นทักษะขั้นพื้นฐานที่นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ง่ายที่สุด การทดลองในเรื่องไฟฟ้าเคมีต้องอาศัยทักษะนี้ค่อนข้างมากเนื่องจากนักเรียนต้องสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสารละลายและชิ้นโลหะที่ทำปฏิกิริยากัน โดยการให้คะแนนผู้ร่วมวิจัยจะให้คะแนนจากการสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลองในกระบวนการจัดการเรียนรู้และจากการตรวจแบบบันทึกผลการทดลองในรายงานผลการทดลองตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.1 - 4.3



โลหะ	สารละลาย $CuSO_4$	สารละลาย $ZnSO_4$
1. Zn	เกิดการเปลี่ยนสีเล็กน้อย สีจาง และเกิดการตกตะกอน เปลี่ยนสีสารละลาย	ไม่เกิดปฏิกิริยา
2. Cu	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา
3. Al	เกิดฟอง อากาศ และเกิดสารสีดำ เปลี่ยนสีของสารละลาย	ไม่เกิดปฏิกิริยา
4. แท่งเหล็ก	ไม่เกิดปฏิกิริยา สีของสารละลายจาง	ไม่เกิดปฏิกิริยา
5. Mg	เกิดฟอง อากาศ และมีการกัดกร่อน และเปลี่ยนสีของสารละลาย	เกิดฟอง อากาศ และตกตะกอน กัดกร่อน

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะพบว่านักเรียนมีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างละเอียดและคล่องแคล่วไม่ใช้ประสบการณ์ความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูล มีการจดบันทึกจากการสังเกตได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

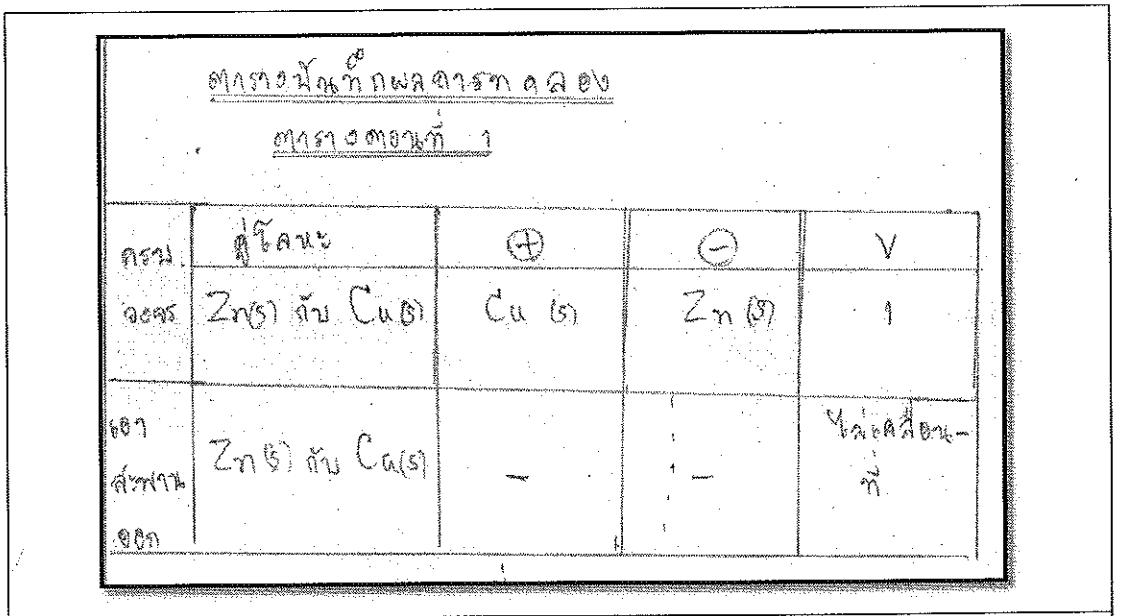
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการสังเกต 3



การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกต		
	ที่ขั้วบวก	ที่ขั้วลบ	สารละลาย
1. แผ่นสารละลาย $CuSO_4$	มีตะกอนสีดำ มวลของขั้วแท่งกราไฟต์	มีฟองอากาศ เกิดขึ้น	สารละลายสีฟ้าจางลง
2. แผ่นสารละลาย KI	มีฟองอากาศเล็ก ขึ้น	มีฟองอากาศ เกิดขึ้น	ใส
2.1 ทดสอบด้วย ฟีนอล์ฟทาลีน	〃	〃	เปลี่ยนเป็นสีชมพู
2.2 ทดสอบด้วย น้ำแป้ง	〃	〃	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4 การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่านักเรียนมีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างละเอียด ไม่ใช้ประสบการณ์ความคิดเห็นของผู้สังเกตในการนำเสนอข้อมูล มีการจดบันทึกจากการสังเกตได้อย่างถูกต้อง

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการสังเกต 2



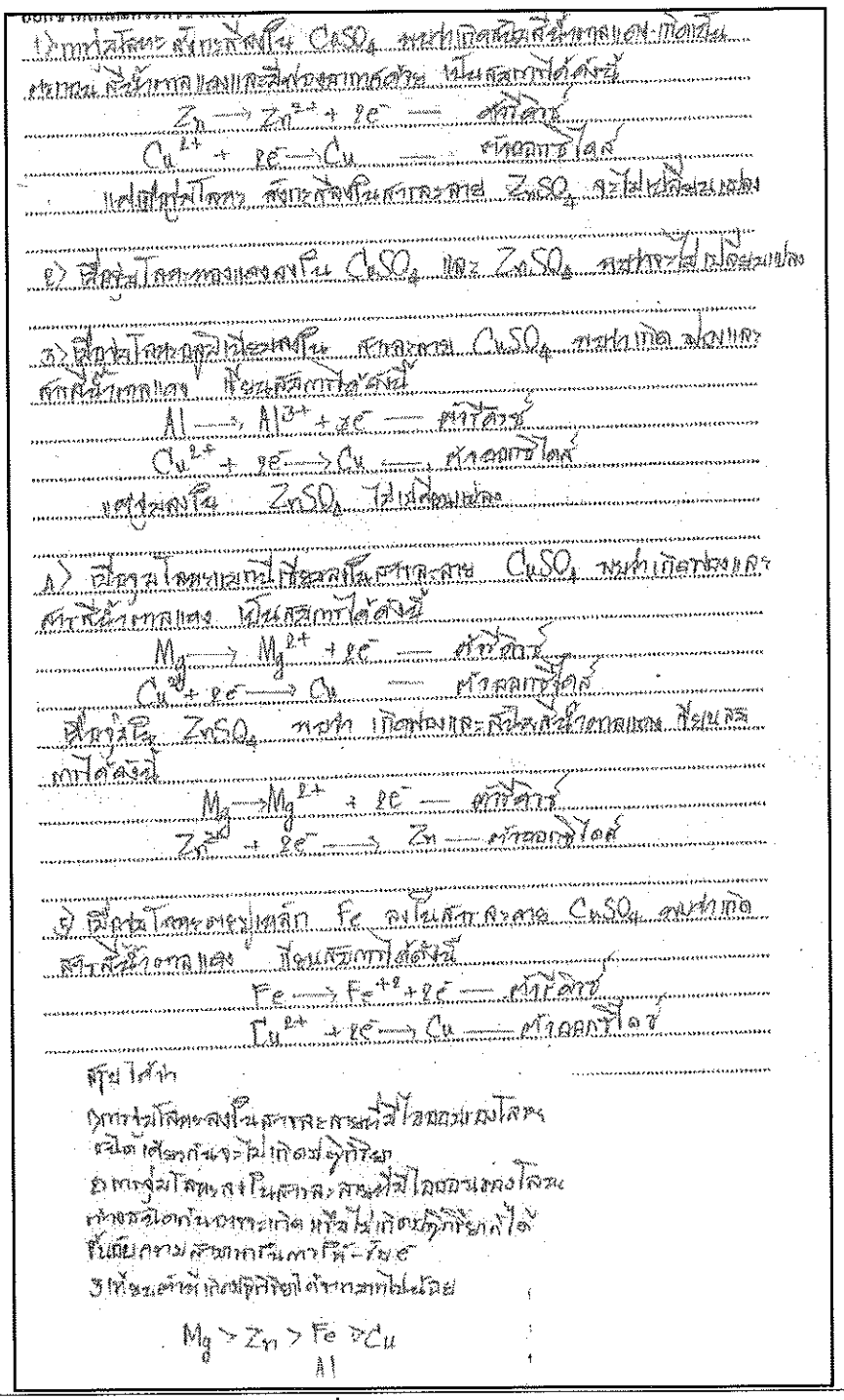
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางตอนที่ 1

ครั้งที่	คู่โลหะ	⊕	⊖	V
จดตรง	Zn(s) กับ Cu(s)	Cu (s)	Zn (s)	1
อธิบายสังเกตุ	Zn(s) กับ Cu(s)	–	–	ไม่เคลื่อนที่

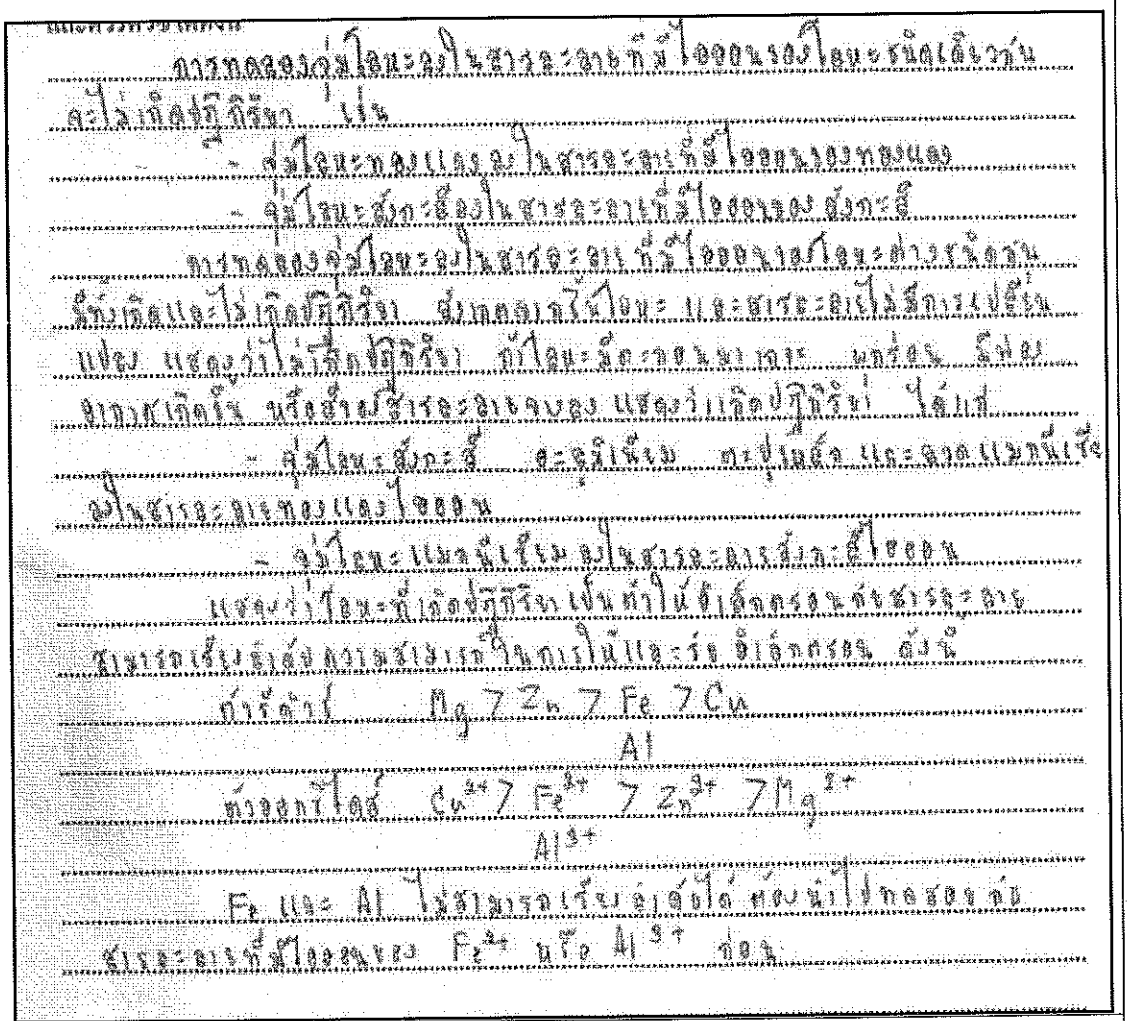
ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2 เซลล์กัลวานิก พบว่านักเรียนมีการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างละเอียด มีการจดบันทึกจากการสังเกตบางส่วน

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการสังเกต 1



ตัวอย่างสรุปผลการทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาของโลหะกับ ไอออนของโลหะ พบว่า นักเรียนอธิบาย มีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องตามผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เท่ากับ 3



การทดลองจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีไอออนของโลหะชนิดเดียวกัน
จะไม่เกิดปฏิกิริยา เช่น
- จุ่มโลหะทองแดงในสารละลายที่มีไอออนของทองแดง
- จุ่มโลหะสังกะสีลงในสารละลายที่มีไอออนของสังกะสี
การทดลองจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีไอออนของโลหะต่างชนิดกัน
จึงเกิดและไม่เกิดปฏิกิริยา สังเกตจากโลหะ และสารละลายไม่มีการเปลี่ยน
แปลง แสดงว่าไม่เกิดปฏิกิริยา ถ้าโลหะมีสารละลายมีสี เช่น สีฟ้า สีเขียว
อ่อนเกิดขึ้น หรือสีสารละลายจางลง แสดงว่าเกิดปฏิกิริยา ได้แก่
- จุ่มโลหะสังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และเงินลงในสารละลายของไอออน
- จุ่มโลหะแมกนีเซียมลงในสารละลายสังกะสีไอออน
แสดงว่าโลหะที่เกิดปฏิกิริยาเป็นตัวให้อิเล็กตรอนต่อสารละลาย
สามารถเรียงลำดับความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอน ดังนี้
ตัวรีดิวซ์ Mg Zn Fe Cu
Al
ตัวออกซิไดซ์ Cu^{2+} Fe^{3+} Zn^{2+} Mg^{2+}
Al^{3+}
Fe และ Al ไม่สามารถเรียงลำดับได้ ต้องนำไปทดลองต่อ
สารละลายที่มีไอออนของ Fe^{2+} หรือ Al^{3+} ต่อไป

ตัวอย่างสรุปผลการทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาของโลหะกับ ไอออนของโลหะ พบว่านักเรียนมีการวิเคราะห์ข้อมูลบางส่วนและสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูล

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เท่ากับ 2

- คุ่มโลหะ Mg ลงใน $CuSO_4$ พบว่า เกิดฟองก๊าซ Mg ค่อนสารละลาย เปลี่ยนสีน้ำเงินสีเขียวปน ได้สมการเคมีปฏิกิริยาได้ดังนี้
Oxidation Mg(s) → $Mg^{2+} + 2e^-$: Mg คือ ตัวรีดิวซ์
Reduction $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$: Cu^{2+} คือ ตัวออกซิไดส์
- คุ่มโลหะ Fe ลงในสารละลาย $CuSO_4$ พบว่า มีตะกอนสีน้ำตาลแดง
Oxidation $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$: Fe คือ ตัวรีดิวซ์
Reduction $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$: Cu^{2+} คือ ตัวออกซิไดส์
- คุ่มโลหะ Cu ลง $CuSO_4$ พบว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
- คุ่มโลหะ Zn ลง $CuSO_4$ พบว่า เกิดฟองก๊าซ เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง และ Zn ถูกกัดกร่อน
Oxidation $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$: Zn คือ ตัวรีดิวซ์
Reduction $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$: Cu^{2+} คือ ตัวออกซิไดส์
- คุ่มโลหะ Al ลงใน $CuSO_4$ พบว่า เกิดฟองอากาศเล็กน้อย โลหะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดง
Oxidation $Al(s) \rightarrow Al^{2+} + 2e^-$: Al คือ ตัวรีดิวซ์
Reduction $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$: Cu^{2+} คือ ตัวออกซิไดส์
- คุ่มโลหะ Mg ลงใน $ZnSO_4$ พบว่า เกิดฟองก๊าซ เกิดตะกอนสีเทาดำ และ Mg ถูกกัดกร่อน
Oxidation $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$: Mg คือ ตัวรีดิวซ์
Reduction $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(s)$: Zn^{2+} คือ ตัวออกซิไดส์
- คุ่มโลหะ Fe ลงใน $ZnSO_4$ พบว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
- คุ่มโลหะ Cu ลงใน $ZnSO_4$ พบว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
- คุ่มโลหะ Zn ลงใน $ZnSO_4$ พบว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
- คุ่มโลหะ Al ลงใน $ZnSO_4$ พบว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่างสรุปผลการทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาของโลหะกับ ไอออนของโลหะ พบว่า นักเรียนมีการวิเคราะห์ผลการทดลองแต่ไม่สรุปผล

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองของนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เท่ากับ 1

สำหรับทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นทักษะที่มีคะแนนการประเมินน้อยที่สุดนั้น เนื่องจากเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยนักเรียนจะต้องอธิบายความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้ถูกต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องตามผลการทดลอง และสรุปผล การทดลองได้ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนบางกลุ่มจะวิเคราะห์ผลแต่ไม่สรุป บางกลุ่มจะมีการสรุปแต่วิเคราะห์ผลไม่ถูกต้องบางส่วน ดังตัวอย่างการสรุปผลในรายงานผลการทดลองของนักเรียน (ภาพที่ 4.4 - 4.6) และจากตารางที่ 4.1 จะพบว่าในการทดลองที่ 1 นักเรียนมีคะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยมากเพียงร้อยละ 37.5 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินแต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนายสังเกต-สังเกต-อธิบาย (POE) จะพบว่าในการทดลองครั้งต่อมานักเรียนมีคะแนนทักษะนี้สูงขึ้น ยกเว้น การทดลองที่ 6 การทดลองการป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก นักเรียนมีคะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป น้อยกว่าการทดลองที่ 3-5 เนื่องมาจากนักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลบางส่วน (ภาพที่ 4.7) และมีบางกลุ่มที่ไม่วิเคราะห์และสรุปผลจึงทำให้มีคะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เฉลี่ยน้อยลง

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

เมื่อตะปูเหล็กสัมผัสกับความชื้นในอากาศจะทำให้ตะปูเหล็กเกิดสนิมเกิดขึ้นเมื่อทิ้งไว้หลายวันปริมาณสนิมจะเพิ่มมากขึ้น และเมื่อตะปูเหล็กสัมผัสกับโลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าเช่น ทองแดง ขั้วบวกของถ่านไฟฉาย จะดึงอิเล็กตรอนออกจากตะปูทำให้เร่งการเกิดสนิมให้มากขึ้น

$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe \quad E^0 = -0.44\ V$

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad E^0 = +0.34\ V$

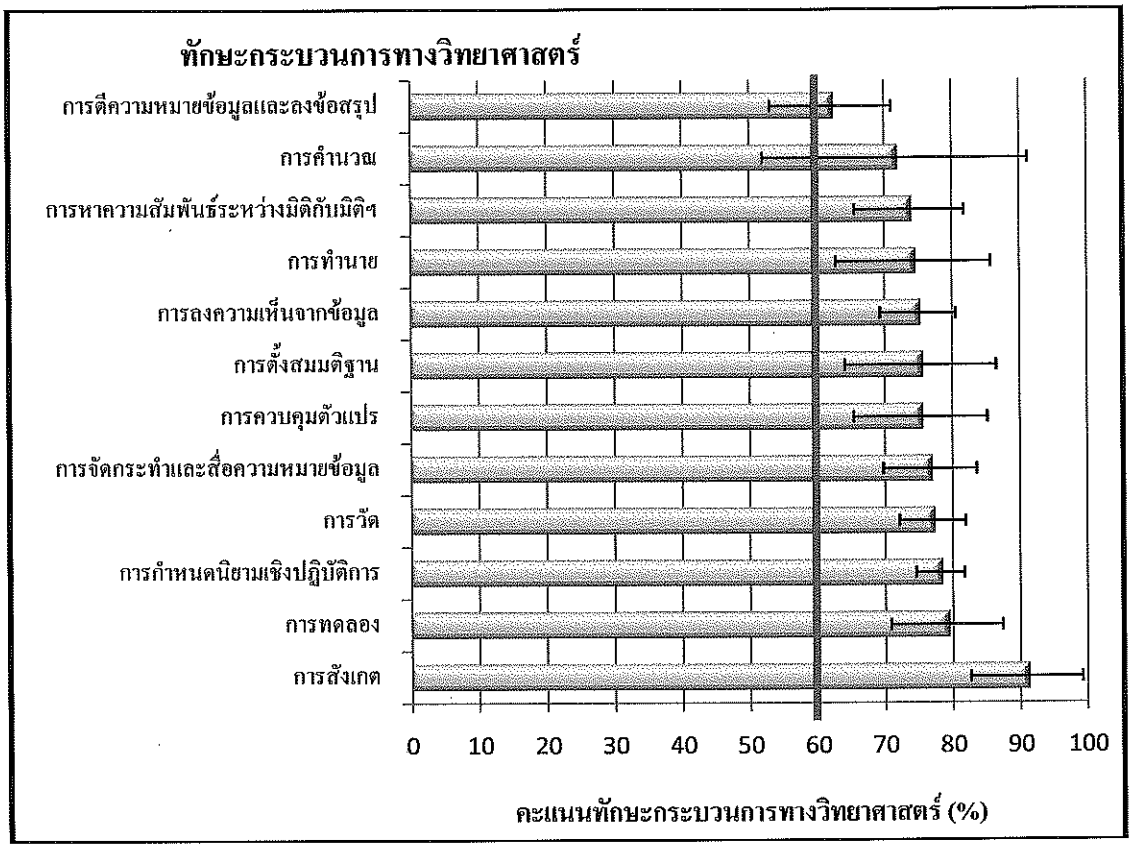
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg \quad E^0 = -2.37\ V$

สิ่งที่ช่วยให้ตะปูเหล็กไม่เกิดสนิมได้แก่ การป้องกันไม่ให้ผิวตะปูสัมผัสกับน้ำและอากาศเช่น พันตะปูเหล็กไว้ด้วยเทปใส และโลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำๆ เช่นแมกนีเซียม ขั้วลบของถ่านไฟฉาย จะช่วยป้องกันการเกิดสนิมให้กับตะปูเหล็กได้ เนื่องจากโลหะนั้นจะให้อิเล็กตรอนกับตะปูเหล็กแทน

<u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผุกร่อนควรทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ เพิ่มเติม เช่น ในสารละลายที่เป็นกรด เบส กลาง มีผลต่อการเกิดสนิมหรือไม่ หรือศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการป้องกันมากขึ้น เช่น การเช่น้ำมันการทาสี

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการสรุปผลการทดลองการทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก



ภาพที่ 4.8 คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี

จากภาพที่ 4.8 เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่าในแต่ละทักษะจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไป โดยพบว่าทักษะการคำนวณจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้นักเรียนยังไม่สามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ได้ถูกต้อง แต่เมื่อผ่านกระบวนจัดการเรียนรู้แล้วส่งผลให้นักเรียนสามารถคำนวณได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งในทักษะที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากนั่นแสดงให้เห็นว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันมาก และในการทดลองครั้งต้น ๆ นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์น้อย แต่เมื่อผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายแล้วนักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยภาพรวมนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 75.81 (ภาพที่ 4.8) เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคซิมเพล็กซ์ (สุพรรณี พรพุทธิชัย, 2551) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม (วราภรณ์ สีดำนิล, 2550 ; ปุณย์จรีย์ กัมปนาทโกศล, 2553) ที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

ซึ่งสอดคล้องกับวาสนา พรมสุรินทร์ (2540 : 27) ที่กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกอันเกิดจากความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลและการปฏิบัติการเพื่อให้เกิดความชำนาญ และความคล่องแคล่วในการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรูปแบบการจัดเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐาน และขั้นบูรณาการ (สมจิต สวนไพบูลย์, 2526) ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนผ่านเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ว่าเมื่อเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย แล้วนักเรียนจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 60 ทุกทักษะ

4.2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้

4.2.1 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนจากการตอบแบบสอบถามปลายปิด

ผู้วิจัยวัดระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนจากแบบประเมินอยู่ในระดับมาก โดยนักเรียนพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยให้เรียนเป็นกลุ่มคละความสามารถมีค่าเฉลี่ย สูงสุด ($\bar{x}$ = 4.37) รองลงมาคือ รูปแบบการสอน ($\bar{x}$ = 4.33) และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อประโยชน์และการนำไปใช้ของรูปแบบการสอนน้อยที่สุด ($\bar{x}$ = 4.24) อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี อยู่ในระดับมาก และจากการสังเกตพฤติกรรมขณะจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความสุขและสนุกกับการได้ทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองตามที่ได้ทำนายไว้แม้ว่าผลการทดลองนั้นจะได้ผลการทดลองตามที่ทำนายไว้หรือไม่ หากกลุ่มใดได้ผลการทดลองตามที่ทำนายไว้มักจะทดลองซ้ำและแนะนำกลุ่มที่ทำการทดลองไม่ได้ สอดคล้องกับ คณะกรรมการการพัฒนาการสอน ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 57-58) และฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527 : 25) ที่กล่าวว่าการจะสร้างหรือพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น จะต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องราวของวิทยาศาสตร์ และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างจริงจัง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ 6 เทคนิค พบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด คือ วิธีการจัดการเรียนรู้แบบลงมือกระทำ (เพชรี รูปวิเชตร, 2545) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ก็มีลักษณะการจัดการเรียนรู้เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ (สุพรรณี พรพุทธิชัย, 2551 ; อภิญญา ซื่อตระกูลพานิชย์, 2550) ซึ่งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง พบว่านักเรียนพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้

ตารางที่ 4.2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	แปลผล
รูปแบบการจัดการเรียนรู้			
1. นักเรียนชอบการเรียนด้วยรูปแบบ POE	4.34	0.73	มาก
2. นักเรียนพบว่าการเรียนปฏิบัติการเคมีโดยทำการทดลองตามที่ต้องวางแผนการทดลองเอง น่าสนใจและได้ความรู้มากกว่าการทำการทดลองตามหนังสือหรือวิธีการที่ครูให้มา	4.36	0.53	มาก
3. นักเรียนพบว่าการใช้วิธีการเรียนรู้นี้ ช่วยให้มีความรับผิดชอบในการเรียนมากขึ้น	4.15	0.46	มาก
4. นักเรียนรู้สึกภูมิใจที่ได้เป็นผู้ออกแบบการทดลอง และสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ แม้ผลการทดลองจะตรงหรือไม่ตรงกับที่ข้าพเจ้าทำนายไว้ก็ตาม	4.47	0.58	มาก
ประโยชน์และการนำไปใช้ของรูปแบบการสอน			
5. เมื่อเรียนด้วยรูปแบบ POE ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้	4.3	0.78	มาก
6. เมื่อเรียนด้วยรูปแบบ POE ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้	4.26	0.76	มาก
7. เมื่อเรียนด้วยรูปแบบ POE ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองที่เกิดขึ้นและสรุปผลการทดลองได้	4.28	0.77	มาก
8. การเรียนด้วยรูปแบบ POE ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น	4.15	0.78	มาก
9. นักเรียนต้องการให้มีการเรียนการสอน ที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบนี้ในรายวิชาอื่น ๆ อีกการเรียนรู้เป็นกลุ่ม	4.23	0.73	มาก

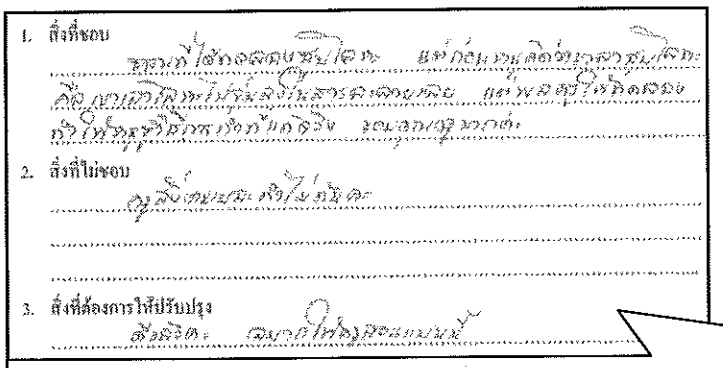
ตารางที่ 4.2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	แปลผล
การเรียนรู้เป็นกลุ่ม			
10. นักเรียนพอใจกับการเรียนรู้เป็นกลุ่มตามที่ครูจัดให้	4.28	0.54	มาก
11. การเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น	4.49	0.58	มาก
12. นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้แบบ POE บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน	4.34	0.60	มาก
บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน			
13. ครูให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนไม่สามารถออกแบบการทดลองได้	4.40	0.58	มาก
14. ครูใช้คำถามกระตุ้นแทนการบอกให้ทำในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์	4.30	0.51	มาก
15. ครูคอยอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนี้	4.19	0.45	มาก
โดยภาพรวม	**4.36**	**0.53**	**มาก**

4.2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิด

นักเรียนเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) 3 ด้าน คือ สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ไม่ชอบ และสิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นดังนี้

(ก)

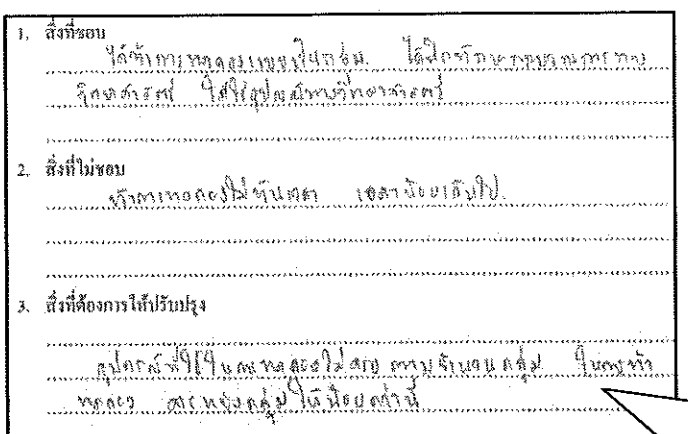

1. สิ่งที่ชอบ
2. สิ่งที่ไม่ชอบ
3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง

สิ่งที่ชอบ ชอบที่ได้ทดลองชุบโลหะ แต่ก่อนหนูคิดว่าเวลาชุบโลหะคือเขาเอาโลหะไปจุ่มในสารละลาย แต่พอครูให้ทดลองทำให้หนูรู้วิธีการทำที่แท้จริง ขอบคุณมากค่ะ

สิ่งที่ไม่ชอบ ครูสั่งงานเยอะ ทำไม่ทัน

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง ดีแล้วค่ะอยากให้ครูสอนแบบนี้

(ข)

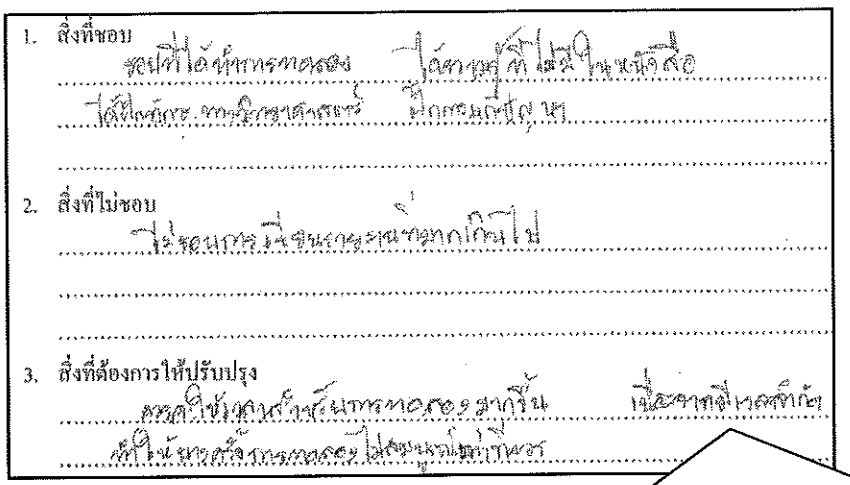

1. สิ่งที่ชอบ
2. สิ่งที่ไม่ชอบ
3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง

สิ่งที่ชอบ ได้ทำการทดลองแบบเป็นกลุ่ม ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้ใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

สิ่งที่ไม่ชอบ ทำการทดลองไม่ทันเวลา เวลาน้อยเกินไป

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ครบตามจำนวนกลุ่ม ในการทำการทดลองควรแบ่งกลุ่มให้น้อยกว่านี้

(ค)

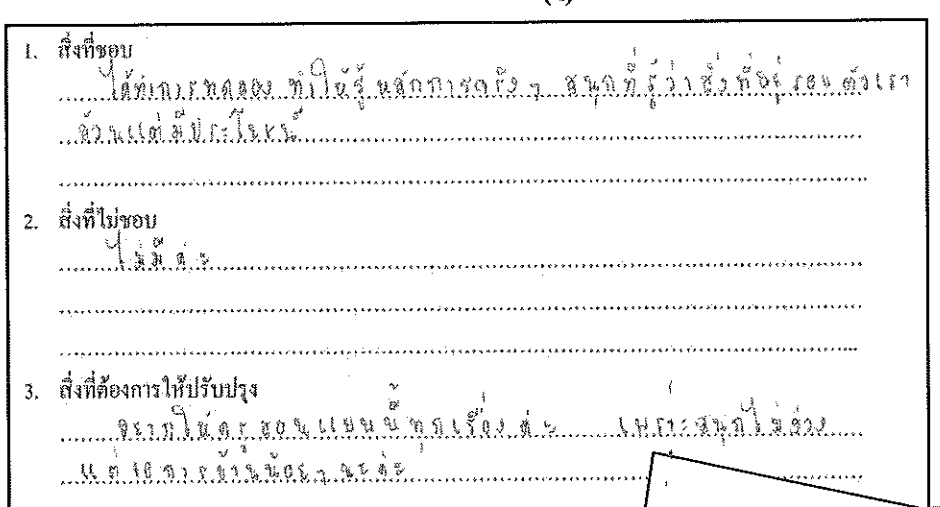

1. สิ่งที่ชอบ
ชอบที่ได้ทำการทดลอง ได้ความรู้ที่ไม่มีในหนังสือ
ได้ฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการแก้ปัญหา
2. สิ่งที่ไม่ชอบ
ไม่ชอบการเขียนรายงานที่มากเกินไป
3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง
ควรให้เวลาสำหรับการทดลองมากขึ้น เนื่องจากเวลาน้อยบางครั้ง
การทดลองไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

สิ่งที่ชอบ หนูได้ทำการทดลอง ได้ความรู้ที่ไม่มีในหนังสือ ได้ฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการแก้ปัญหา

สิ่งที่ไม่ชอบ ไม่ชอบการเขียนรายงานที่มากเกินไป

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง ควรจะให้เวลาสำหรับการทดลองมากขึ้น เนื่องจากเวลาน้อยบางครั้ง การทดลองไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

(ง)

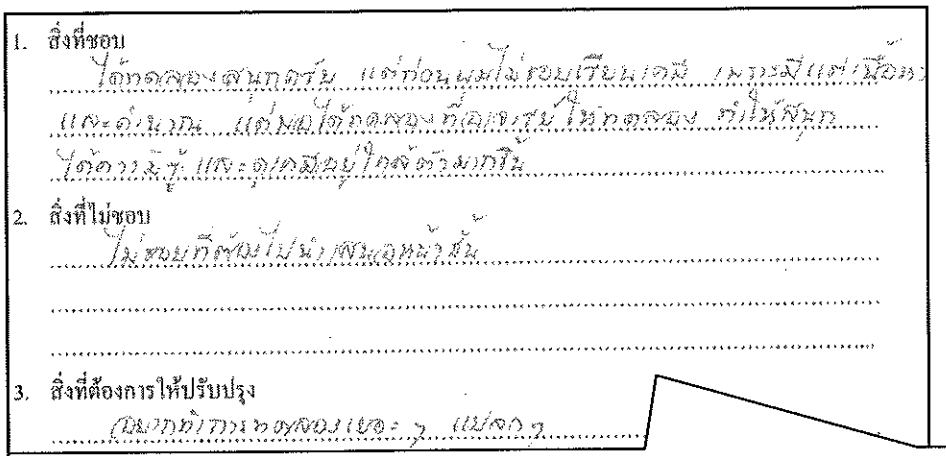

1. สิ่งที่ชอบ
ได้ทำการทดลอง ทำให้รู้หลักการจริง ๆ สนุกที่รู้ว่าสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา
ล้วนแต่มีประโยชน์
2. สิ่งที่ไม่ชอบ
ไม่มีค่ะ
3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง
อยากให้ครูสอนแบบนี้ทุกเรื่องค่ะ เพราะสนุกไม่ง่วง
แต่ขอการบ้านน้อย ๆ ค่ะ

สิ่งที่ชอบ ได้ทำการทดลอง ทำให้รู้หลักการจริง ๆ สนุกที่รู้ว่าสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา

สิ่งที่ไม่ชอบ ไม่มีค่ะ

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง อยากให้ครูสอนแบบนี้ทุกเรื่องค่ะ เพราะสนุกไม่ง่วง แต่ขอการบ้านน้อย ๆ ค่ะ

(จ)


1. สิ่งที่ชอบ
ได้ทดลองสนุกครับ แต่ก่อนผมไม่ชอบเรียนเคมี เพราะมีแต่เนื้อหา และคำนวณ แต่พอได้ทดลองที่อาจารย์ให้ทดลอง ทำให้สนุกได้ความรู้ และดูเคมีอยู่ใกล้ตัวมากขึ้น

2. สิ่งที่ไม่ชอบ
ไม่ชอบที่ต้องไปนำเสนอหน้าชั้น

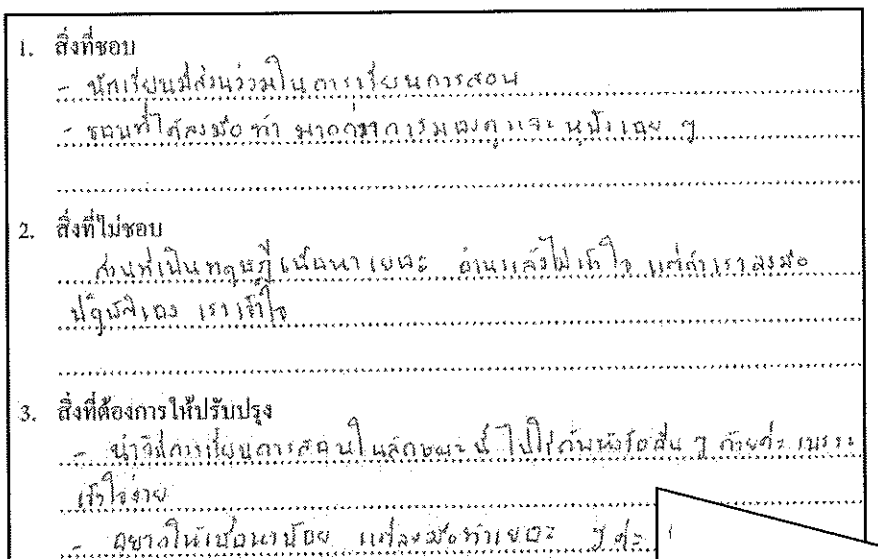
3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง
อยากทำการทดลองเยอะ ๆ แปลก ๆ

สิ่งที่ชอบ ได้ทดลองสนุกครับ แต่ก่อนผมไม่ชอบเรียนเคมี เพราะมีแต่เนื้อหาและคำนวณ แต่พอได้ทดลองที่อาจารย์ให้ทดลอง ทำให้สนุกได้ความรู้ และดูเคมีอยู่ใกล้ตัวมากขึ้น

สิ่งที่ไม่ชอบ ไม่ชอบที่ต้องไปนำเสนอหน้าชั้น

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง อยากทำการทดลองเยอะ ๆ แปลก ๆ

(ฉ)


1. สิ่งที่ชอบ
- นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน
- ชอบที่ได้ลงมือทำ มากกว่าการมองดูและหูฟังเฉย ๆ

2. สิ่งที่ไม่ชอบ
ส่วนที่เป็นทฤษฎีเนื้อหาเยอะ อ่านแล้วไม่เข้าใจ แต่ถ้าลงมือปฏิบัติเองเราเข้าใจ

3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง
- นำวิธีการเรียนการสอนในลักษณะนี้ไปใช้กับหัวข้ออื่น ๆ ด้วยค่ะ เพราะเข้าใจง่าย
- อยากให้เปลี่ยนสีปากกา แปลงสีทำเยอะ ๆ ค่ะ

สิ่งที่ชอบ นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ชอบที่ได้ลงมือทำมากกว่าการมองดูและหูฟังเฉย ๆ

สิ่งที่ไม่ชอบ ส่วนที่เป็นทฤษฎีเนื้อหาเยอะ อ่านไม่เข้าใจ แต่ถ้าลงมือปฏิบัติเองเราเข้าใจ

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง นำวิธีการเรียนการสอนในลักษณะนี้ไปใช้กับหัวข้ออื่น ๆ ด้วยค่ะ

ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนจำนวน 6 คน (ก-ฉ) ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

ตารางที่ 4.3 จำนวนนักเรียนที่แสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในแบบสอบถามปลายเปิด

ประเด็นคำถาม	ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน (คน)
สิ่งที่ชอบ	ได้ลงมือทำ ได้ทดลอง	39
	ได้ความรู้ที่ไม่มีในหนังสือ ได้ฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการแก้ปัญหา	12
	ได้ใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์	4
	ได้รู้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัว	4
สิ่งที่ไม่ชอบ	ไม่ชอบที่ต้องไปนำเสนอหน้าชั้น	9
	เขียนรายงาน	12
	งานเยอะ	15
	ทำการทดลองไม่ทันเวลา เวลาน้อยเกินไป	20
สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง	นำวิธีการเรียนการสอนในลักษณะนี้ไปใช้กับหัวข้ออื่น ๆ	11
	อยากทำการทดลองเยอะ ๆ แปลก ๆ	2
	ควรจะให้เวลาสำหับการทดลองมากขึ้น	18
	เพิ่มอุปกรณ์ในการทดลอง	3
	แบ่งกลุ่มให้คนน้อยลง	11

จากการตอบแบบสอบถามของนักเรียนดังภาพที่ 4.9 จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ชอบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เพราะนักเรียนได้ทำการทดลองเอง ได้ฝึกปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ทำให้รู้สึกสนุก และสามารถเข้าใจหลักการและทฤษฎีได้มากขึ้น และต้องการให้นำรูปแบบการสอนนี้ไปใช้ในเนื้อหาอื่น ๆ อีกด้วย แต่ต้องการให้ลดปริมาณใบงานเนื่องจากมีส่วนที่ต้องเขียนอธิบายมากเกินไป ส่วนระยะเวลาในการทำการทดลองนักเรียนต้องการให้เพิ่มระยะเวลาในการทดลองเนื่องจากในบางการทดลองไม่สามารถทำการทดลองให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนดได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ชอบรูปแบบการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) หากทำการปรับลดปริมาณงานให้น้อยลง และแนะนำว่าจัดกลุ่มให้มีสมาชิกน้อยลงเพื่อที่จะได้ทำการทดลองครบทุกคน และควรเพิ่มระยะเวลาในการทำการทดลองให้มากขึ้น

4.3 ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นการทำนายผล (Predict : P) เป็นขั้นตอนการทำนายผลจากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด หรือที่ครูสาธิตเป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

(2) ขั้นการหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหา (Observe : O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง กำหนดสมมติฐาน วางแผนการทดลอง แล้วลงมือทำการทดลอง รวมถึงการสืบค้นข้อมูลหรือวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

(3) ขั้นการอธิบาย (Explain : E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนาย และการสังเกต ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร อธิบายเหตุผล และลงข้อสรุปของคำตอบของปัญหา

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 2 เซลล์กัลวานิก

(1) ขั้นทำนาย (Predict)

ในขั้นทำนายให้นักเรียนดูการทดลองต่อเซลล์ที่ประกอบไปด้วยครึ่งเซลล์ที่มีโลหะทองแดง จุ่มในสารละลาย $CuSO_4$ และครึ่งเซลล์ที่มีโลหะสังกะสีจุ่มในสารละลาย $ZnSO_4$ เชื่อมกันด้วยสะพานเกลือ และให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้ เมื่อต่อขั้วทั้งสองเข้ากับโวลต์มิเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร ถ้าสลับขั้วไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และถ้ายกสะพานเกลือออกจะเกิดผลอย่างไร นักเรียนทำนายผลการทดลองโดยเขียนตอบคำถามลงในใบงาน (ภาพที่ 4.10) พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 สามารถทำนายผลการทดลองได้ถูกต้องตามผลการทดลองที่นักเรียนได้ทดลองจริงในขั้นสังเกต (Predict) และตรงตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ดังในข้อคำถามที่ 1 นักเรียนสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเมื่อต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับขั้วโลหะทั้งสองโดยนักเรียนได้อาศัยความรู้เดิมจากการทดลองที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะทำให้สามารถทำนายผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ทำนายผิดเนื่องจากได้อาศัยความรู้เดิมช่วยในการทำนาย ดังในคำถามข้อที่ 2 จะพบว่าตัวอย่างนักเรียนทั้งสองคน (ภาพที่ 4.10 (ช) และ (ซ)) ทำนายขั้วไฟฟ้าที่จะต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์ผิดเนื่องจากนักเรียนอาศัยความรู้เดิมที่ว่ากระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ และสังกะสีให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าทองแดงดังนั้นนักเรียนจึงตอบว่าต้องต่อโลหะสังกะสีกับขั้วบวก และต่อโลหะทองแดงกับขั้วลบ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสิ่งที่ทำให้เข็มโวลต์มิเตอร์เกิดการเบนคือกระแสอิเล็กตรอน ซึ่งกระแสอิเล็กตรอนจะไหลในทิศทางที่ตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้า

(ช)

คำถามก่อนการทดลอง

1. เมื่อต่อโวลต์มิเตอร์เข้าที่ครึ่งเซลล์ทั้งสองจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นบ้าง
เข็มปฏิกิริยาเคมีเล็กน้อย ไอระเหยจะมีไม่เล็กตรงแท่งทองแดง ทำให้
แผ่นสังกะสีร่อน สารละลาย $CuSO_4$ มีสีน้ำเงินลง เข็มโวลต์มิเตอร์เบน

2. ต้องต่อขั้วบวกเข้าที่ครึ่งเซลล์ Zn/Zn^{2+} และขั้วลบเข้าที่ครึ่งเซลล์ Cu/Cu^{2+}
จึงจะทำให้เข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปทางบวก เพราะ ทำให้ไหลเข้าหาขั้วบวกไปทางซ้าย
และ จะมีไหลเข้าตรงแท่งสังกะสี

3. เมื่อสลับขั้วไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างไร เพราะอะไร
ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่เกิดปฏิกิริยา

4. หากยกสะพานเกลืออออกจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะอะไร
ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่เกิดปฏิกิริยา

(ซ)

คำถามก่อนการทดลอง

1. เมื่อต่อโวลต์มิเตอร์เข้าที่ครึ่งเซลล์ทั้งสองจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นบ้าง
เข็มโวลต์มิเตอร์กระดิก ไอระเหยจะมีเล็กตรงแท่งทองแดง

2. ต้องต่อขั้วบวกเข้าที่ครึ่งเซลล์ สังกะสี และขั้วลบเข้าที่ครึ่งเซลล์ ทองแดง
จึงจะทำให้เข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปทางบวก เพราะ สังกะสีให้อิเล็กตรอนไหลมาทางทองแดง

3. เมื่อสลับขั้วไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างไร เพราะอะไร
เข็มโวลต์มิเตอร์จะตีกลับ

4. หากยกสะพานเกลืออออกจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะอะไร
ไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆ เพราะต่อเซลล์ไม่ครบวงจร

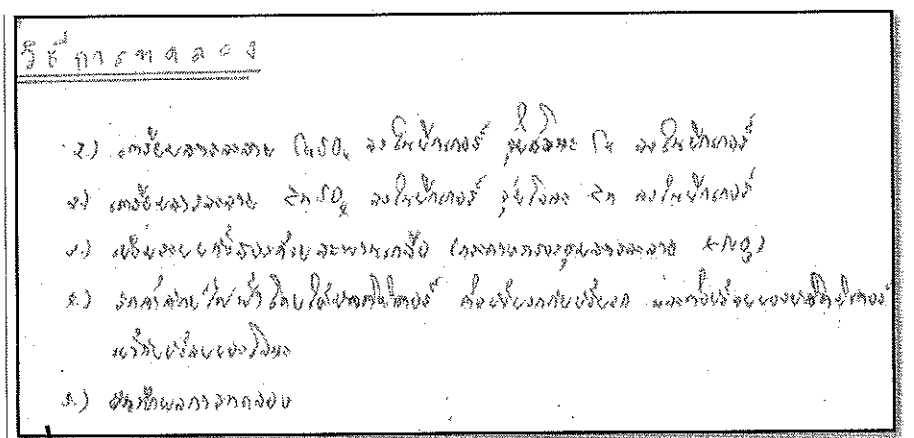
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างการตอบคำถามก่อนการทดลอง (ขั้นทำนาย) การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก ของนักเรียน 2 คน (ช และซ)

จากภาพตัวอย่างที่ 4.10 จะพบว่าในขั้นทำนายนั้นนักเรียนสามารถคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ถูกต้องโดยอาศัยความรู้จากหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมารองรับ ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนทำนายว่าหากสลับขั้วไฟฟ้าปฏิกิริยาจะไม่เกิด ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว การสลับขั้วไฟฟ้าปฏิกิริยายังเกิดเหมือนเดิมแต่กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านโวลต์มิเตอร์จะสลับขั้วส่งผลให้เข็มโวลต์มิเตอร์ตีกลับ และ แต่โดยภาพรวมถือว่านักเรียนสามารถทำนายผลได้

(2) ขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นสังเกตนักเรียนจะออกแบบการทดลอง วางแผนการทดลอง โดยครูมีอุปกรณ์ให้ หลังจากนั้นลงมือทำการทดลอง และสังเกตผลการทดลองด้วยตนเอง พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 สามารถออกแบบการทดลอง และทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานได้ดังนี้

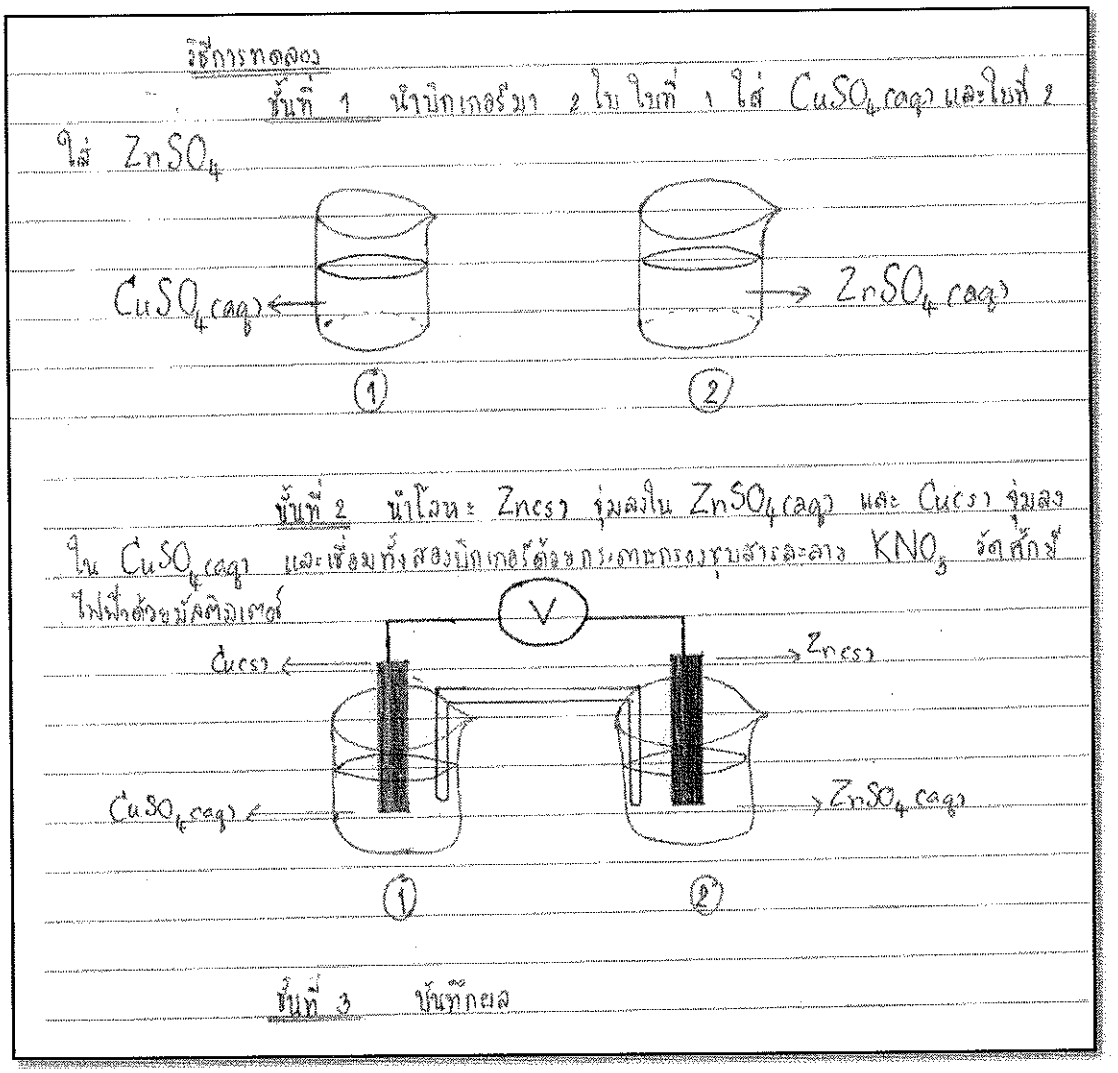
(ฌ)



วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลาย $CuSO_4$ ลงในบีกเกอร์ จุ่มโลหะ Cu ลงในบีกเกอร์
2. เตรียมสารละลาย $ZnSO_4$ ลงในบีกเกอร์ จุ่มโลหะ Zn ลงในบีกเกอร์
3. เชื่อมระบบทั้งสองด้วยสะพานเกลือ(กระดาษกรองชุบสารละลาย KNO_3)
4. วัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยมัลติมิเตอร์ ต่อขั้วบวกกับขั้วบวก และต่อขั้วลบของมัลติมิเตอร์เข้ากับขั้วลบของโลหะ
5. บันทึกผลการทดลอง

(ญ)



ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างการออกแบบการทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก ของนักเรียน 2 คน (ฌ และ ญ)

จากภาพที่ 4.11 พบว่านักเรียน มีการอกกแบบการทดลองที่แตกต่างกันโดย นักเรียนคนที่ 1 (ภาพที่ 4.11 (ฌ)) ออกแบบการทดลองโดยการเขียนอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนเป็นข้อ ๆ ส่วนนักเรียนคนที่ 2 (ภาพที่ 4.11 (ญ)) ออกแบบการทดลองโดยเขียนเป็นแผนภาพที่สามารถเข้าใจได้ง่าย แสดงว่านักเรียนเข้าใจวิธีการทดลองและสามารถออกแบบการทดลองได้ และมีทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติและมิติ และมิติกับเวลา นั่นคือนักเรียนสามารถวาดรูปเพื่อสื่อความหมายได้ดีซึ่งสามารถทำให้เข้าใจขั้นตอนการทดลองได้ง่าย

(ฎ)

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลอง	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ผลการสังเกต
① ต่อขั้วลบกับ Zn/Zn^{2+} ต่อขั้วบวกกับ Cu/Cu^{2+}	0.8	- โลหะสังกะสีค่อยๆ ร่อนลงสู่สารละลายด้านล่าง - มีการสร้างตะกอนสีน้ำตาลแดงเกาะที่โลหะทองแดงด้านที่จุ่มในสารละลาย - สารละลายมีสีฟ้าจางลง
② ต่อขั้วลบกับ Cu/Cu^{2+} ต่อขั้วบวกกับ Zn/Zn^{2+}	ขั้วกลับ	สังเกตไม่ได้
③ ยกตัวอย่างเกลือของตัวเอง	0	ไม่มี

(ฎ)

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ขั้วลบ	ขั้วบวก	ค่าศักย์ไฟฟ้า (V)	การสังเกต
Zn/Zn^{2+}	Cu/Cu^{2+}	0.3	มีสารสีน้ำตาลแดงเกาะที่แผ่นทองแดง สารละลายมีสีฟ้าจางลง
Cu/Cu^{2+}	Zn/Zn^{2+}	ติดลบ	-

เมื่อยกตัวอย่างเกลือออก ค่าศักย์ไฟฟ้าเป็น 0

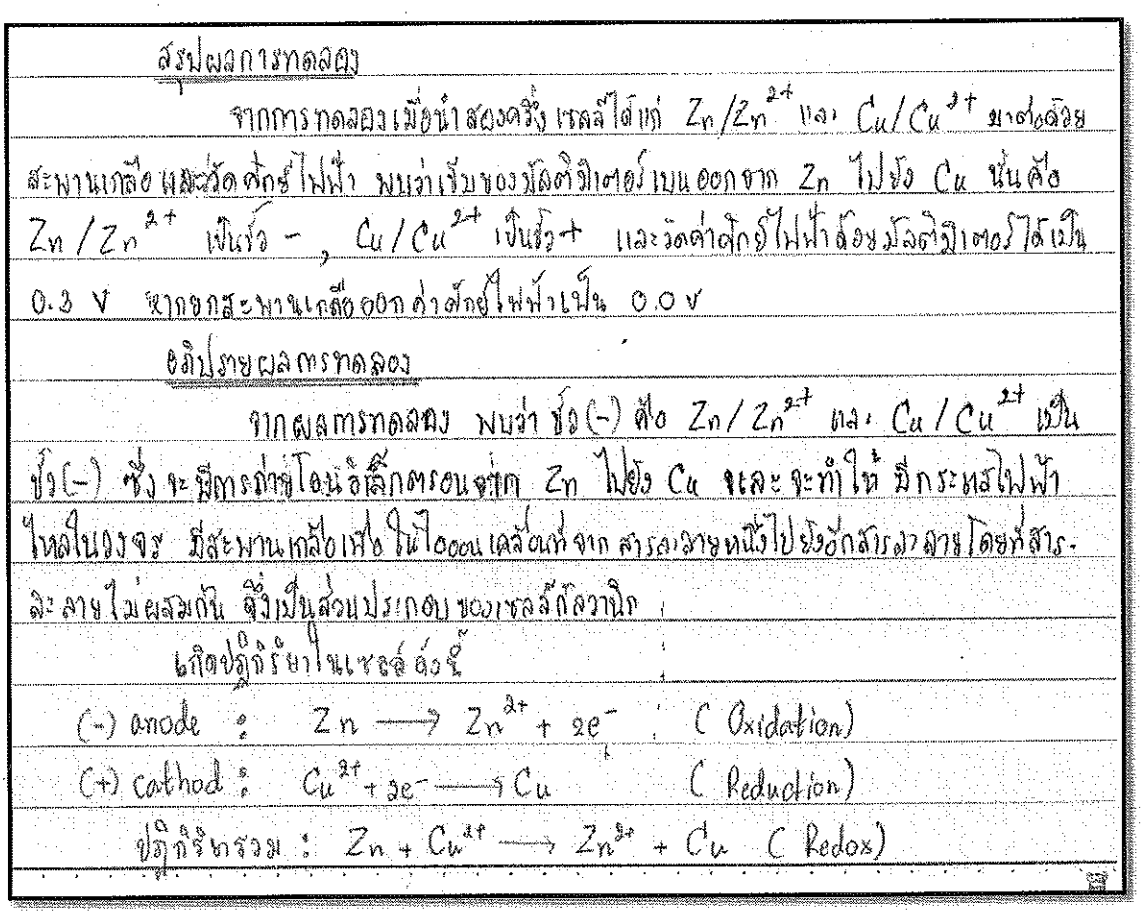
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะของนักเรียน 2 คน (ฎ และ ฎ)

จากภาพที่ 4.12 พบว่านักเรียนสามารถออกแบบตาราบันทึกผลการทดลองได้สอดคล้องกับการทดลอง และบันทึกการทดลองได้ตามที่สังเกต โดยนักเรียนสามารถบันทึกผลการทดลองได้ครบถ้วนตามที่ได้สังเกต ครอบคลุมทั้งหมดในส่วนที่จะนำไปวิเคราะห์ และสรุปผลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเปรียบเทียบกับผลการทำนายได้ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองแตกต่างกันออกไป แต่โดยภาพรวมถือว่านักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง

(3) ขั้นอธิบาย (Explain)

ในขั้นอธิบาย หลังจากที่นักเรียนได้ทำการทดลอง และบันทึกผลแล้ว นักเรียนนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ และตอบคำถามในใบงานเพื่อสรุปผลการทดลอง พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 สามารถสรุปผลการทดลองได้

(ฐ)



สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อนำสองครึ่งเซลล์ได้แก่ Zn/Zn^{2+} และ Cu/Cu^{2+} มาต่อด้วยสะพานเกลือ และวัดศักย์ไฟฟ้า พบว่าเข็มของมัลติมิเตอร์เบนออกจาก Zn ไปยัง Cu นั่นคือ Zn/Zn^{2+} เป็นขั้ว −, Cu/Cu^{2+} เป็นขั้ว + และวัดค่าศักย์ไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์ได้เป็น 0.8 V หากลบสะพานเกลือออกค่าศักย์ไฟฟ้าเป็น 0.0 V

อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่า ขั้ว (−) คือ Zn/Zn^{2+} และ Cu/Cu^{2+} เป็นขั้ว (−) ซึ่งจะมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจาก Zn ไปยัง Cu และจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร มีสะพานเกลือเพื่อให้ไอออนเคลื่อนที่จากสารละลายหนึ่งไปยังอีกสารละลายโดยที่สารละลายไม่ผสมกัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก

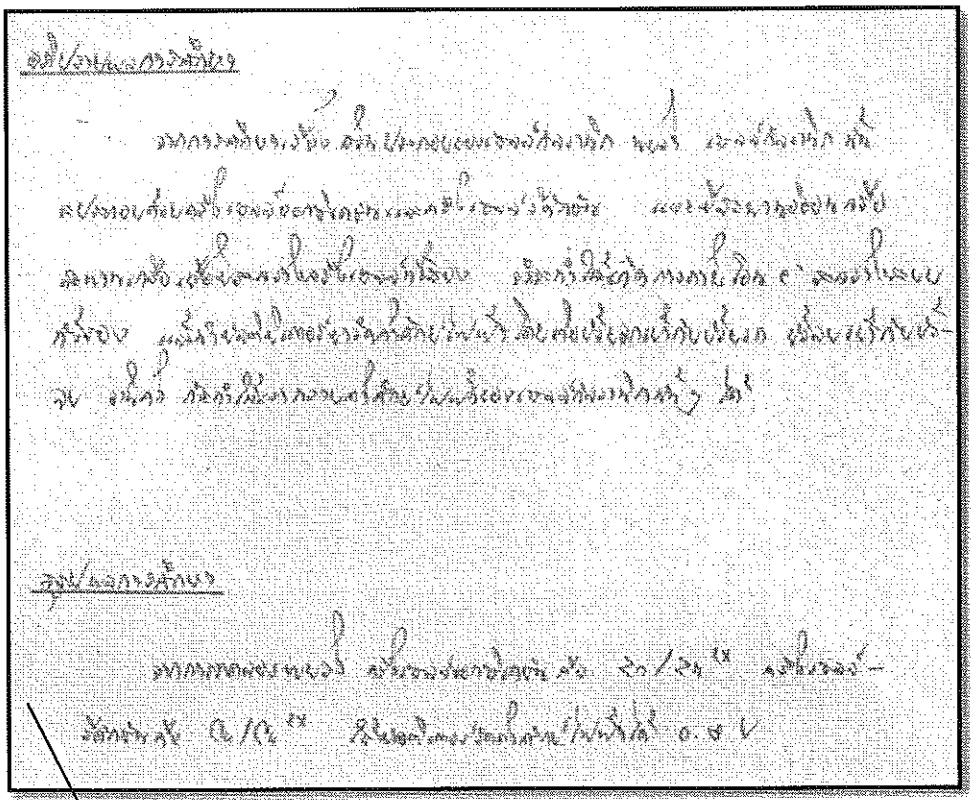
เกิดปฏิกิริยาในเซลล์ดังนี้

(−) anode : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (Oxidation)

(+) cathod : $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ (Reduction)

ปฏิกิริยารวม : $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$ (Redox)

(ฑ)



อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาเรื่องส่วนประกอบของเซลล์กัลป์วานิก พบว่าเซลล์กัลวานิกนั้นประกอบด้วยครึ่งเซลล์ออกซิเดชันและครึ่งเซลล์รีดักชัน และมีสะพานอิออนหรือสะพานเกลือเชื่อมระหว่างครึ่งเซลล์ทั้งสอง จึงจะทำให้เกิดการถ่ายโอน e^- ระหว่างระบบทั้งสองแล้วนำมัลติมิเตอร์มาวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยต่อขั้วบวกกับขั้วบวก ขั้วลบกับขั้วลบ อ่านค่า จึงทำให้เราทราบค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกส์นั้นๆได้

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองพบว่า ครึ่งเซลล์ออกซิเดชัน คือ Zn/Zn^{2+} ครึ่งเซลล์รีดักชันคือ Cu/Cu^{2+} ใช้มัลติมิเตอร์วัดศักย์ได้ 0.8 V

ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างสรุปผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะของนักเรียน 2 คน (ฐ และฑ)

จากภาพที่ 4.13 พบว่านักเรียนสามารถเขียนอธิบายสรุปผลการทดลองได้ สามารถวิเคราะห์ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น และสรุปผลได้ถูกต้อง โดยนักเรียนคนที่ 1 (ภาพที่ 4.13(ฐ)) นักเรียนอธิบายเหตุผลของการสรุปผล มีการสรุปผลที่ถูกต้องชัดเจนถึงส่วนประกอบ และหน้าที่ของเซลล์กัลวานิก แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจหลักการสร้างเซลล์กัลป์วานิก และหน้าที่ของส่วนประกอบของเซลล์ แต่ไม่อธิบายสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ส่วนนักเรียนคนที่ 2 (ภาพที่ 4.13(ฑ)) วิเคราะห์ผลชัดเจน เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา มีการสรุปผลชัดเจนถูกต้องจากทั้ง 2 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถที่จะวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองได้ แต่มีรูปแบบการเขียนที่แตกต่างกัน นักเรียนสามารถระบุ ครึ่งเซลล์อกซิเดชัน และรีดักชันในแต่ละเซลล์ได้ถูกต้อง

4.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน (ตารางที่ 4.4) พบว่า การทดสอบก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.38 คะแนน และคะแนนสอบหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.04 คะแนน ค่า t จากการคำนวณเท่ากับ 20.49 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า t ตารางที่มีค่าเท่ากับ 1.68 ดังนั้นจึงยอมรับ H_1 แสดงว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์เรื่องไฟฟ้าเคมีในปีการศึกษา 2552 พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นจากร้อยละ 52.77 (ภาพที่ 1.1) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 70.11 (ตารางที่ 4.5) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองด้วยตนเองจึงส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาและทฤษฎี ผลการวิจัยสอดคล้องกับการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (วนิชา ประยูรย์พันธุ์, 2553) และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ ในเรื่องไฟฟ้าเคมี ได้แก่ การเรียนรู้แบบร่วมมือ (พรทิพย์ เมืองแก้ว, 2553) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ศิริวัฒนา คุณปรีกษา, 2552)

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	N	$\bar{x}$	SD	t
ก่อนเรียน	47	14.38	2.94	20.49 *
หลังเรียน	47	28.04	5.52	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.5 ผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี Average normalized gain, <g>

ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี Average normalized gain, <g> หาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 0.52 (ตารางที่ 4.5) พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ Medium gain

ตารางที่ 4.5 ความก้าวหน้าเฉลี่ย (Average normalized gain ; <g>) ของนักเรียน

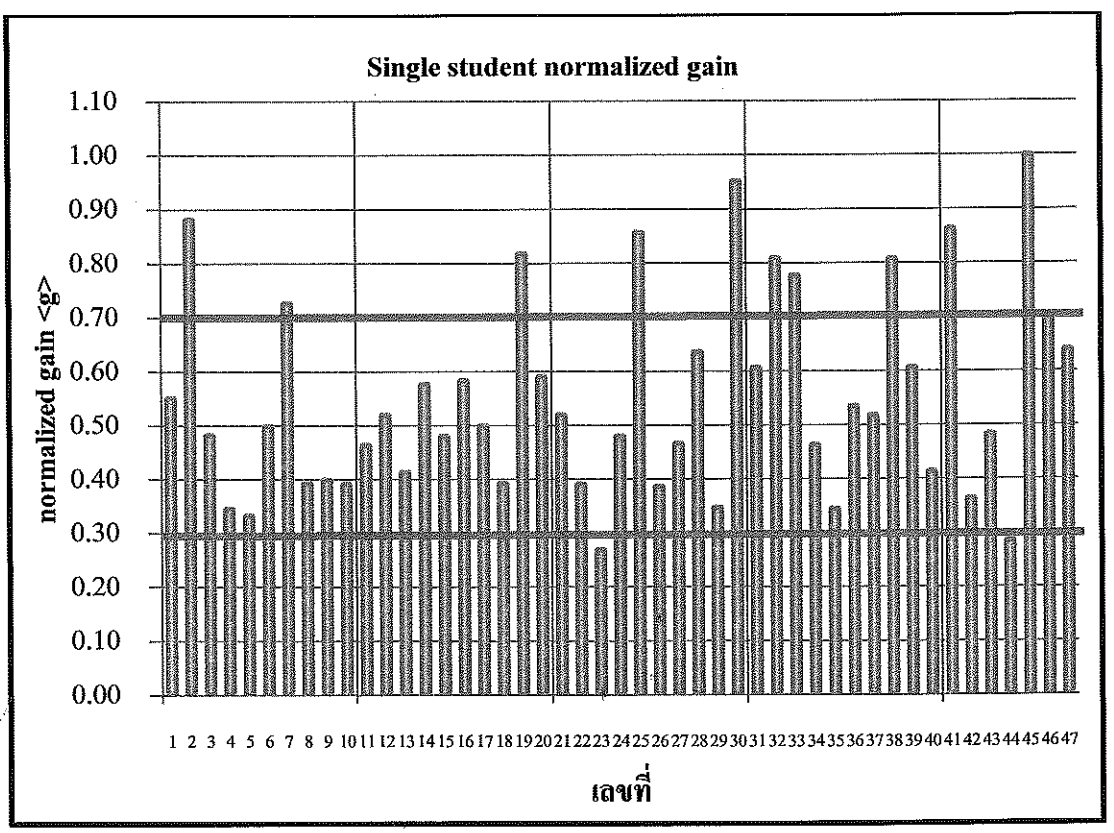
Pre-test	Post-test	Actual gain (%Post - %Pre)	Maximum possible gain (100 - %Pre)	Normalize gain $\frac{\%Post - \%Pre}{100 - \%Pre}$
35.96	70.11	34.15	65.85	0.52

4.5.1 Single student normalized gain เป็นการพิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไร โดยดูได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน พบว่านักเรียนมีค่า Normalized gain ดังภาพที่ 4.14 ซึ่งนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (Low gain) 2 คน ระดับกลาง 34 คน ระดับสูง 11 คน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สามารถทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำจำนวน 2 คน

เมื่อทำการวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายคนแล้วพบว่านักเรียนเลขที่ 23 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยในทุกรายวิชาต่ำ ส่วนนักเรียนเลขที่ 44 ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีมาก่อนที่สถาบันกวดวิชาในช่วงปิดภาคเรียน จึงสามารถทำข้อสอบก่อนเรียนได้ ทำให้คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกันไม่มาก

ตารางที่ 4.6 ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 47 คน

ความก้าวหน้าทางการเรียน Normalized gain	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
ระดับสูง (High gain)	11	23.40
ระดับกลาง (Medium gain)	34	72.34
ระดับต่ำ (Low gain)	2	4.26

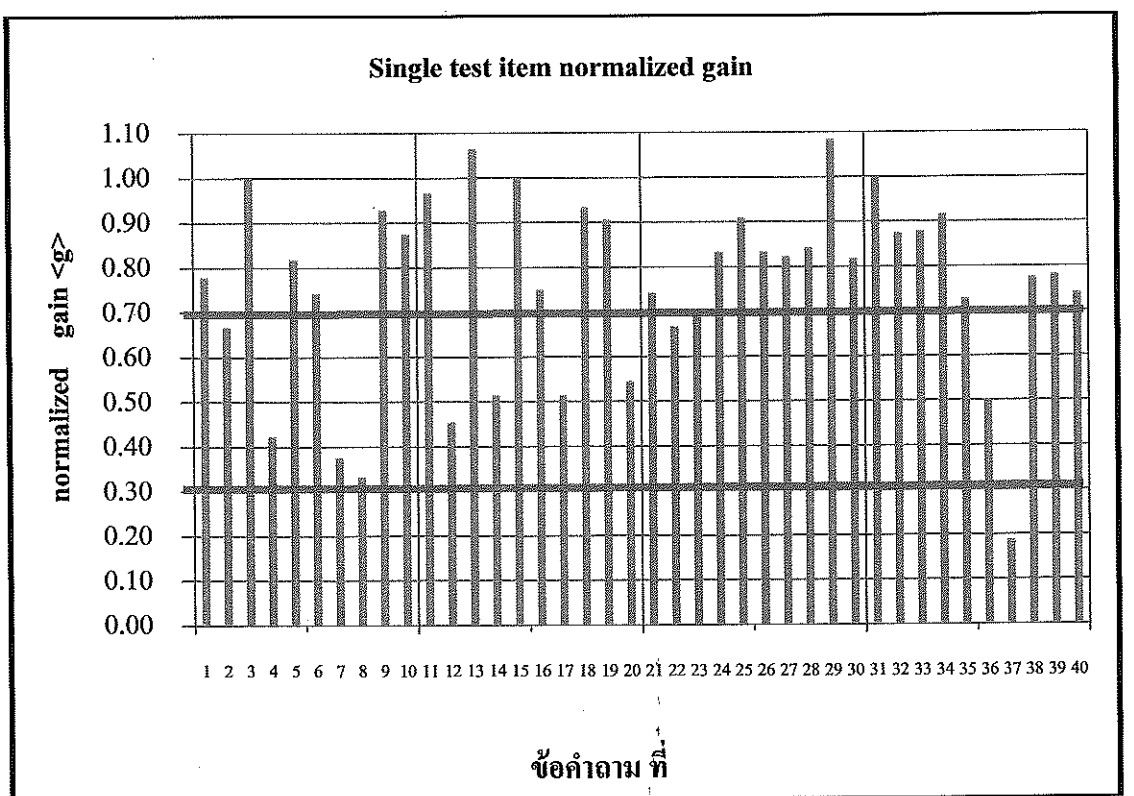


ภาพที่ 4.14 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายคน (Single student normalized gain)

4.5.2 Single test item normalized gain เป็นการพิจารณาว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดของข้อสอบข้อที่กำลังพิจารณาในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าข้อสอบแต่ละข้อมีค่า Normalized gain ดังแสดงในภาพที่ 4.15

ตารางที่ 4.7 Single test item normalized gain

Normalized gain	จำนวนข้อคำถาม (40 ข้อ)	ร้อยละของจำนวนข้อคำถาม
ระดับสูง (High gain)	29	72.50
ระดับกลาง (Medium gain)	10	25.00
ระดับต่ำ (Low gain)	1	2.50



ภาพที่ 4.15 Single test item normalized gain

29. ถ้าต้องการชุบช้อนทองแดงด้วยสังกะสี ควรใช้อะไรเป็นขั้วแอโนด แคโทด และสารอิเล็กโทรไลต์ ตามลำดับ

ก. ช้อน, Zn, $ZnSO_4$ ข. ช้อน, Zn, $CuSO_4$

ค. Zn, ช้อน, $ZnSO_4$ ง. Zn ช้อน, $CuSO_4$

ภาพที่ 4.16 ข้อคำถามที่ 29 ในชุดข้อสอบที่ใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากภาพที่ 4.15 พบว่าข้อคำถามส่วนใหญ่มีค่า Normalized gain อยู่ในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 72.5 ของข้อสอบทั้งชุด แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในข้อคำถาม แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเรียน ข้อคำถามที่มีค่า Normalized gain สูงที่สุดคือข้อคำถามที่ 29 (ภาพที่ 4.16) ซึ่งเป็นข้อคำถามที่วัดการนำไปใช้คือเป็นการถามหลักการในการชุบโลหะ ซึ่งจะพบว่านักเรียนสามารถทำข้อสอบข้อนี้ได้ถูกต้องถึง 41 คน มีนักเรียนตอบผิดเพียง 6 คน เนื่องจากนักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเองในการทดลองที่ 5 การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำให้สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์การเลือกคำตอบในข้อคำถามที่ 37

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่เลือกตอบ (คน)	เหตุผลในการเลือกคำตอบ (จำนวนคน)
ก (ผิด)	7	เดาคำตอบ (7)
ข (ถูก)	14	ปฏิกิริยาระหว่าง A กับ B เหมือนกันและปฏิกิริยาระหว่าง C กับ D เหมือนกัน ดังนั้น ค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe ควรอยู่ระหว่าง c กับ d (10) เดาคำตอบ (4)
ค (ผิด)	5	เดาคำตอบ (5)
ง (ผิด)	21	ค่าศักย์ไฟฟ้าน้อยกว่า D เทียบกับตาราง E^0(14) ค่าศักย์ไฟฟ้ามากกว่า D(3) เดาคำตอบ (4)

ข้อสอบที่มีค่า Normalized gain อยู่ในระดับต่ำมีเพียงข้อเดียวคือข้อคำถามที่ 37 (ภาพที่ 4.16) เป็นข้อคำถามหัวข้อเรื่อง ปฏิกิริยาการผุกร่อนของโลหะ และการป้องกัน ซึ่งเป็นข้อสอบที่ต้องวิเคราะห์ จึงอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์คำถามเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้ และเมื่อ

ทำการวิเคราะห์ข้อสอบพบว่าข้อคำถามที่ 37 เป็นข้อสอบที่มีค่าอำนาจการจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ คือ มีค่าต่ำกว่า 0.20 กลุ่มสูงทำไม่ได้แต่กลุ่มต่ำทำได้ โดยปกติไม่ควรนำมาใช้วัด โดยมีนักเรียนตอบข้อคำถามนี้ถูกต้อง 14 คน จากนักเรียนทั้งหมด 47 คน เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อคำถามนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (21 คน) เลือกตอบตัวเลือกข้อ ง และผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์เหตุผลที่นักเรียนเลือกคำตอบนักเรียนส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าที่เลือกข้อคำตอบข้อนี้เนื่องจากเข้าใจว่าค่าศักย์ไฟฟ้าของเหล็ก (Fe) มีค่าน้อยกว่า D โดยไม่ได้คำนึงถึงผลการทดลอง และมีนักเรียนจำนวน 18 คน เลือกคำตอบโดยการเดา แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อสอบได้ทั้งหมด ความก้าวหน้าทางการเรียนส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับกลาง ซึ่งอาจจะต้องมีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่อไปอีกเพื่อที่จะสามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูงต่อไป

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 36-37

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์	E° (V)
$A^{2+} + 2e^{-} \rightarrow A$	a
$B^{3+} + 3e^{-} \rightarrow B$	b
$C^{2+} + 2e^{-} \rightarrow C$	c
$D^{2+} + 2e^{-} \rightarrow D$	d
$Fe^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Fe$	e

ถ้านำโลหะ A มาพันด้วยโลหะ B A จะป้องกันไม่ให้ B ผุกร่อน

ถ้านำโลหะ B มาพันด้วยโลหะ C B จะเป็นตัวรีดิวซ์

ถ้านำโลหะ C มาพันด้วยโลหะ D D^{2+} จะเป็นตัวออกซิไดส์

37. นำโลหะ A, B, C และ D มาพันด้วยตะปูเหล็ก แล้วนำใส่ชามกระเบื้อง 4 ใบแยกกัน ซึ่งแต่ละใบมีสารละลายผสมวุ้น $K_3Fe(CN)_6$ และฟีนอล์ฟทาลีน ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ได้ผลคือ

1. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย A มีสารสีชมพูเข้ม
2. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย B มีสารสีชมพู
3. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย C มีสารสีเขียวปนน้ำเงินเล็กน้อย
4. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย D มีสารสีเขียวปนน้ำเงินเข้มมาก

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ $Fe^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Fe$ ควรมีค่า E° อยู่ระหว่างช่วงใด

ก. a กับ b ข. c กับ b ค. c กับ d ง. ไม่อยู่ระหว่างค่าเหล่านี้

ภาพที่ 4.17 ข้อคำถามที่ 37 ในชุดข้อสอบที่ใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียน (3) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งสามารถสรุปผลของการวิจัย ดังนี้

5.1 ผลการสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 12 ทักษะ ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำปฏิบัติการเคมีเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ทุกทักษะ ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่หลักสูตรสถานศึกษากำหนดไว้ คือ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงถึงร้อยละ 75.81 แสดงว่าเมื่อจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยนักเรียนสามารถทำนาย ตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคอื่นๆ

5.2 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้

ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ พบว่าเมื่อนักเรียนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) นักเรียนมีความพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เป็นผู้ทำนายผลการทดลอง นักเรียนมีความสุขและสนุกกับการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าผลการทดลองได้เป็นไปตามที่ได้ทำนายไว้หรือไม่ หากผลการทดลองตรงตามที่ทำนายนักเรียนจะรู้สึกสนุกและทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผล ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น ในการเรียนมากขึ้น แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สามารถทำให้นักเรียนชอบที่จะเรียนและมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มากขึ้น

5.3 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) พบว่านักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain , <g> พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อสอบเนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาชัดเจนมากยิ่งขึ้น และจากการจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนที่เก่งช่วยอธิบายให้กับนักเรียนที่เรียนอ่อนทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

5.4.1.1 ครูควรให้นักเรียนค้นหาโครงสร้างทางเคมีและอันตรายของสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิบัติการก่อนจัดการเรียนรู้

5.4.1.2 สำหรับบางปฏิบัติการที่ใช้สารเคมีไม่อันตราย ครูสามารถนำไปให้นักเรียนทำนายในห้องเรียนในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

5.4.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 ควรพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ด้วยเทคนิคการสอน อื่น ๆ เพราะเป็นทักษะที่นักเรียนได้รับคะแนนน้อยที่สุดจากการวิจัยครั้งนี้

5.4.2.1 ควรนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้น ไปทดลองหาประสิทธิภาพกับนักเรียนโรงเรียนอื่น ๆ ที่มีบริบทคล้าย ๆ กัน

5.4.2.3 ควรนำเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ไปทดลองใช้กับเนื้อหาอื่น ๆ ในวิชาเคมี หรือวิชาวิทยาศาสตร์

5.4.2.4 ควรศึกษาความคงทนขององค์ความรู้ หรือมโนมติที่คลาดเคลื่อน เมื่อจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551.

เกียรติมณี บำรุงไร่. การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predicts-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

ขวัญชนก กัญทาทอง. ตัวแทนความคิดเรื่องสมบัติเชิงกลของของเหลว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อน ระหว่าง และหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

เขมิกาญจน์ ทองมา. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสอนโดยเกมส์วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวทางของ สสวท. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2540.

จุฑามาศ เจตน์กสิกิจ. การพัฒนาชุดการสอนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2551.

คณะกรรมการพัฒนาการสอน ทบวงมหาวิทยาลัย. การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (เล่ม 2) , 2525.

คำไพย พานุสี. มโนมติทางเลือก เรื่อง แสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

ฉวีวรรณ กินาวงค์. หลักการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2527.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เชิดชัย อมรกิจบำรุง. การสร้างแบบประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนยานนาเวศวิทยา เขตสาทร กรุงเทพมหานคร. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

ฐิตินันท์ โจณะสิทธิ์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.

ณราภรณ์ บุญกิจ. ตัวแทนความคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

ดาราวรรณ อานันทนสกุล. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้กิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.

นิภา แย้มวจี. การเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ เสริมสร้างหรือทำลายการศึกษา. http://www.moe.go.th/main2/article/article-sagob /article45_4.html. มิถุนายน, 2551.

นุจรี เทียนลม. การพัฒนาแบบฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. การค้นว้าอิสระปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2542.

น้ำค้าง จันเสริม. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict-observe-explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

น้ำค้าง เพิ่มพูน. พฤติกรรมการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2541.

เบญจมาศ ปทุมวัน. การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดยโสธร. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2546.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ปัณริสา บ้านพวน. การพัฒนาแบบทดสอบมาตรฐานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์คุรุศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพิมพ์ดีจำกัด, 2553.

ปุณย์จรีย์ กัมปนาทโกศล. "ผลของการจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กอายุ 6-7 ปี", วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา. 5(2) : 203-214, 2553.

พรรณธิรา มั่นใจ. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมเพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าเคมี : เซลล์กัลวานิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2550.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. ชุดกิจกรรมพัฒนาการคิดวิเคราะห์ เสริมสร้างคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมที่ดีงาม วิทยาศาสตร์ ม.2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, 2550.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, 2545.

_____. ประมวลบทความ ปรับวิธีเรียน เปลี่ยนวิธีสอนวิทยาศาสตร์สู่ห้องเรียนแห่งการคิด. กรุงเทพมหานคร : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, 2550.

_____. สมรรถนะครูและแนวทางการพัฒนาครูในสังคมที่เปลี่ยนแปลง. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2551.

เพชรี รูปวิเชตร. การวิจัยในชั้นเรียนของกระบวนการวิชาการจัดโครงการอาชีพอิสระ ประจำปีการศึกษา 2/2545. คณะศึกษาศาสตร์ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

ไพฑูรย์ ชัยประโคน. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.

พรทิพย์ เมืองแก้ว, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และ พรพรรณ พึ่งโพธิ์. "การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี", วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. (1)1 : 20-27 , 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

รุสนี เหาะแหมอ. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ http://www.yabr.ac.th/~dolah/notes/LAWSC/OTHERS/40460766-1.doc. มิถุนายน, 2551.

รัตนาภรณ์ กลางมณี. การพัฒนาเมตาคอกนิชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรง และความดัน โดยวิธีวิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

เรืองศักดิ์ ไตรฟื้น .การตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.

วนิชา ประยูรพันธ์. รูปแบบการทำความเข้าใจบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

วราภรณ์ สีดำนิล. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

วราภรณ์ ทรัพย์รวงทอง. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดชัยนาท. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2542.

วรรณา รุ่งลักษมีศรี. "ผลการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น". วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา. 4(1) : 1960-1973, 2552.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. CONSTRUCTIVISM. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้น จำกัด. พิมพ์ครั้งที่ 2, 2542.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วรพงษ์ กาแก้ว. การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในอำเภอพบพระ จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 2548.

วราภรณ์ อารีมิตร. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังคมสหวิทยาเขตราชนครินทร์ สำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

วิทวัส ดวงกุมเมศ, ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2548.

วีรเดช เกิดบ้านตะเคียน. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการเรียนและความคงทนในการจำของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มีระดับผลกการเรียนต่างกัน จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียรูปแบบต่างกันกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.

แหวนใจ ภู่เงิน. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ว 203 จากการเรียนการสอนโครงงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2544.

วิชาการ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล. หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนมัธยมศึกษา 2551. โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล, อุบลราชธานี, 2551.

ศิริวัฒนา คุณปรึกษา. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เพิ่มเติม ว 40225 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ โดยใช้เอกสารประกอบการสอนร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. ชัยภูมิ : โรงเรียนสตรีชัยภูมิ, 2552.

ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ และคณะ. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม็ค ไฟฟ้าเคมี ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษา 4-6. กรุงเทพมหานคร : แม็ค, ม.ป.ป.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศูนย์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ความหมายและลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์. http://www1.stkc.go.th/library.php?app=library Database Detail.php&id =31394&pubid=1., มิถุยายน 2551.

สมจิตร สวนไพบูลย์. วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสารมิตร, 2526.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท., 2533.

_____. การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท., 2546.

_____. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2551.

_____. คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2551. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2551.

_____. หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 3 ว037. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2544.

_____. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2552.

_____. เอกสารอบรมครูวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2542.

สายสุณี สีหวงษ์. ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2545.

แสงเดือน อันทรง. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2549.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุนีย์ ด้วงมาก. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดและการทำโครงงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. การส่งเสริมศักยภาพนักเรียนกรุงเทพมหานครด้านวิทยาศาสตร์และมิติสัมพันธ์. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2540.

สุพรรณี พรพุทธิชัย. "อิทธิพลของการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคซิมเพล็กซ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา", วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา. 3(2) : 318-332, 2551.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร : ที. พี. พริ้นท์, 2543.

_____. 21 วิธีจัดการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์, 2546.

สุรางค์ โค้วตระกูล. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

สงกรานต์ มูลศรีแก้ว. ตัวแทนความคิดเรื่องของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการสอบแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554. http://www.nesdb.go.th, 2550.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนกองทุนการวิจัย. วิกฤตการณ์วิทยาศาสตร์ของไทย. กรุงเทพมหานคร : บริษัทดีไซด์จำกัด, 2541.

_____. การปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2553.

สำราญ พฤกษ์สุนทร. มินิคัมภีร์เคมี ม. 4-5-6 Entrance. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. พัฒนา จำกัด, 2551.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

หุมพันธ์ ขันทวี. ตัวแทนความคิดและลักษณะโครงสร้างของตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษษปีที่ 4 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

อนุสรา เสนไสย. "ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการใช้บทเรียนเว็บเควสท์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย". วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา. 3(1) : 1113-1123, 2551.

อภิญญา ซื่อตระกูลพานิชย์. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน. สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ : มหาวิทยาลัยมหิดล. ที่มา http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/penthai/articles/normalized_gain.pdf, 2552

อุไรวรรณ หาญวงส์. การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญา ศึกษาศาตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540.

American Asociation for the Advancement of Science. Science A Process Approach Commentary For Teacher. Washington D.C.: Herrox Coorperation, 1976.

Bruner,J.S. The process of education. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1997.

Claxton, G. Educating the inquiring mind:The challenge for school science. New York: Harvester Wheatsheaf. 1991.

Foreman,K. Social &Cognitive Constructivism. History and Theory of Instructional Technology, Kim foreman'sITEC800. San Fracissco State University, http://online.sfsu.edu/~foreman/itec800/finalprojects/eitankaplan/pages/pages/home.html, Retrieved June 15,2009

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Kearney, M. "Classroom use of multimedia-supported predict–observe–explain tasks in a social constructivist learning environment", Research in Science Education. 34: 427–53, 2004.

Kearney, M., D.F. Tregust, S. Yeo, and M. Zadnik. "Student and teacher perceptions of the use of multimedia supported predict–observe–explain tasks to probe understanding", Research in Science Education. 31: 589–615, 2001.

Klopfer, L.E. " Learning scientific enquiry in the student laboratory". The student laboratory and the science curriculum. ed. E. Hegarty-Hazel. London: Routledge, 1990.

National Research Council (NRC). Inquiry and the national science education standards : A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

Sanoe, C., Ekasith, S., Richard, K. "Enhancing Thai students' learning of chemical kinetics", Research in Science & Technological Education. 27(1): 95–115; April, 2009.

Sompong, M. The use of a Construtivist Laboratory to Improve students' Conceptual Understanding of Motion in Tertiary Physics in Thailand. Ph.D. Thesis in Science Education, Curtin Univesity of Technology, 2006.

White R. T. and Gunstone, R. F. Probing understanding. London : Falmer Press, 1992.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **รายวิชา** เคมี (ว40224)

ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 **ภาคเรียนที่** 1 **ปีการศึกษา** 2553

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าเคมี **เวลา** 39 **ชั่วโมง**

เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะ **เวลา** 2 **ชั่วโมง**

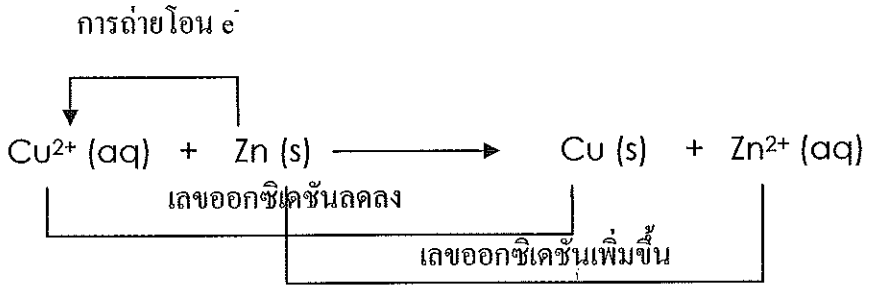
วันที่สอน _____ **ผู้สอน** นางสาวอุบลวรรณ ไท้ทอง

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction) คือ **ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน** หรือ เป็น **ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน** (Oxidation Number ; ON) ของธาตุในสาร โดยมีทั้งเลขออกซิเดชันเพิ่ม และลดเกิดขึ้นในปฏิกิริยาเดียวกัน เช่น



ปฏิกิริยารีดอกซ์ประกอบด้วย

- **ปฏิกิริยาออกซิเดชัน** คือ ปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน (ปฏิกิริยาที่มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น)
- **ปฏิกิริยารีดักชัน** คือ ปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน (ปฏิกิริยาที่มีเลขออกซิเดชันลดลง)

3. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ทดลองและสรุปปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนพร้อมทั้งเขียน และดุลสมการรีดอกซ์ได้

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ

1. ทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออนได้
2. ระบุได้ว่าสารใดเสียอิเล็กตรอน และสารใดรับอิเล็กตรอน พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
3. บอกความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ พร้อมทั้งเขียนสมาการแสดงปฏิกิริยาได้
4. อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์ และตัวรีดิวซ์ในแง่ของการถ่ายโอนอิเล็กตรอน การเพิ่มหรือลดเลขออกซิเดชันได้
5. เปรียบเทียบความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนของโลหะกับไอออนของโลหะได้
6. บอกประโยชน์ของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้

5. เนื้อหาสาระ

- การทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ
- ปฏิกิริยารีดอกซ์และนอนรีดอกซ์

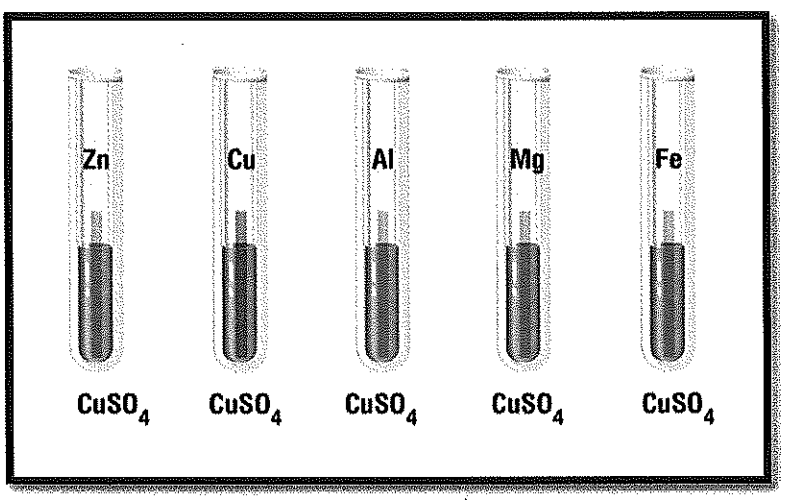
6. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นทำนาย (Predict)

1. ครูแสดงสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและแผ่นสังกะสี จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียนว่าหากทดลองจุ่มแผ่นโลหะสังกะสีในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ($CuSO_4$) จะเกิดผลอย่างไร และหากเปลี่ยนชนิดของโลหะกับชนิดของสารละลาย ผลการทดลองที่เกิดขึ้นควรจะเป็นอย่างไร และอธิบายผลที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นได้อย่างไร หากต้องการทดลองศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะจะมีวิธีการทดลองลองอย่างไร ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเป็นรายบุคคล และบันทึกลงในใบงานจากนั้นส่งครู

ขั้นสังเกต (Observe)

2. นักเรียนออกแบบการทดลองโดยครูมีอุปกรณ์ให้ดังนี้
   แผ่นโลหะสังกะสี (Zn) อะลูมิเนียม (Al) ลวดแมกนีเซียม (Mg) แผ่นทองแดง (Cu) แผ่นเหล็ก (Fe) สารละลาย $CuSO_4$, สารละลาย $ZnSO_4$, หลอดทดลอง, กระดาษทราย โดยให้นักเรียนออกแบบการทดลองเป็นรายบุคคล
3. นักเรียนนำเสนอการทดลองที่ตนเองวางแผน และร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มถึงแผนการทดลองโดยให้จากนั้นบันทึกลงในใบงานและส่งครู
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางการทดลองไปในทางเดียวกัน โดยครูใช้คำถามนำเพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง ดังนี้
   - ในการทดลองนี้นักเรียนควรจะสังเกตอะไรบ้าง (สังเกตลักษณะของชิ้นโลหะและสีของสารละลายก่อนทำการทดลอง)
   - ถ้านักเรียนต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ผิวของโลหะควรเป็นเช่นไร สามารถทำอย่างไรเพื่อให้ผิวของโลหะเป็นเช่นนั้น (ใช้กระดาษทรายขัดชิ้นทองแดงและสังกะสีให้สะอาด)



ภาพที่ ก.1 ตัวอย่างการออกแบบการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะ

5. นักเรียนทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูประเมินผลการเรียนรู้ โดยสังเกตจากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม พร้อมให้คำแนะนำตลอดการทำกิจกรรม

ขั้นอธิบาย (Explain)

6. นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลหลังการทดลอง โดยครูใช้คำถามนำเพื่อการวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง ดังนี้
   - ก่อนทำปฏิกิริยาสารละลาย แต่ละชนิดมีไอออนอะไรละลายอยู่ และมีสีอะไร
   - โลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ใดที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น สังเกตได้จากอะไรบ้าง
   - เพราะเหตุใดเมื่อจุ่ม Zn หรือ Fe ในสารละลาย $CuSO_4$ สีจึงจาง
   - สารสีน้ำตาลแดงที่มาเกาะบนโลหะสังกะสีส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลายคืออะไร
   - ทองแดงที่เกิดขึ้น เกิดมาจากอะไร แล้วเกิดได้อย่างไร
   - นักเรียนทราบหรือไม่ว่าอิเล็กตรอนในปฏิกิริยามาจากไหน
   - จากผลการทดลองที่เกิดขึ้นเราสามารถเขียนเป็นสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร
   - เราเรียกว่าปฏิกิริยาที่โลหะ เสียอิเล็กตรอน แล้วกลายเป็นไอออน (ในระบบที่เกิดปฏิกิริยา) ว่าปฏิกิริยาอะไร
   - เราเรียกว่าปฏิกิริยาที่ไอออนของโลหะรับอิเล็กตรอน แล้วกลายเป็นโลหะ (ในระบบที่เกิดปฏิกิริยา) ว่าปฏิกิริยาอะไร
   - เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกันจะได้ปฏิกิริยา เป็นอย่างไร
   - การจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีโลหะไอออนชนิดเดียวกับโลหะจะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ ได้แก่
   - การจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีโลหะไอออนต่างชนิดกับโลหะจะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร
   - จากการทดลองความสามารถเปรียบเทียบความสารถในการให้และรับอิเล็กตรอนได้อย่างไร
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและบันทึกคำตอบในแบบรายงานผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองเตรียมนำเสนอ
8. สุ่มตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน โดยใช้เวลากลุ่มละประมาณ 5 นาที จำนวน 3 กลุ่ม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการทำการทดลอง
9. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับแนวคิดหลักของเนื้อหาที่เรียนในวันนี้ โดยใช้แนวคำถามดังนี้
   - ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาแบบใด (ปฏิกิริยาการให้อิเล็กตรอน)

- ปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาแบบใด (ปฏิกิริยาการรับอิเล็กตรอน)
- ตัวออกซิไดส์เป็นอย่างไร (ตัวออกซิไดส์ คือ สารเคมีที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน)
- ตัวรีดิวซ์เป็นอย่างไร (ตัวรีดิวซ์ คือ สารเคมีที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน)
- ปฏิกิริยารีดิกซ์คืออะไร (ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของอะตอมของธาตุในปฏิกิริยา ซึ่งจะทำให้มีอะตอมของธาตุบางตัวสูญเสียหรือได้รับอิเล็กตรอน จะเรียกปฏิกิริยาที่เกิดการเสียอิเล็กตรอนว่า "ปฏิกิริยาออกซิเดชัน" และเรียกปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนว่า "ปฏิกิริยารีดักชัน")

10. นักเรียนเขียนอนุทินสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะ และความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้
11. นักเรียนรับเอกสารกิจกรรมเสริมทักษะ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

7. การวัดและการประเมินผล

วิธีการวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน การตอบคำถามของและการอภิปรายแสดงความคิดเห็นของนักเรียน
2. สังเกตการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมกลุ่ม
3. สังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำการทดลอง
4. ตรวจรายงานผลการทดลองของนักเรียน
5. ตรวจอนุทินสรุปองค์ความรู้ และความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนในชั้นเรียน
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่ม
3. แบบสังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำการทดลอง
4. แบบรายงานผลการทดลอง
5. อนุทิน

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

1. นักเรียนมีความตั้งใจเรียนและให้ความร่วมมือในกิจกรรมการเรียนรู้
2. นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในกลุ่ม
3. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำการทดลองในระดับดี
4. นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองได้ถูกต้องตรงตามผลการทดลอง

5. นักเรียนเขียนอนุทินสรุปองค์ความรู้ได้ถูกต้อง

7. สื่อการเรียนรู้

1. สารละลาย CuSO4 1 mol / dm3
2. สารละลาย ZnSO4 1 mol / dm3
3. สังกะสี ขนาด 0.5 cm ×7 cm
4. ทองแดง ขนาด 0.5 cm ×7 cm
5. อะลูมิเนียม
6. ลวดแมกนีเซียม
7. ตะปูเหล็ก
8. บีกเกอร์ ขนาด 50 cm3
9. กระบอกตวง ขนาด 25 cm3
10. หลอดหยดสาร
11. กระดาษทราย ขนาด 3 cm × 3 cm
12. ใบกิจกรรมที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน

8. การเตรียมล่วงหน้า

1. ตัดสังกะสี ทองแดง ลวด แมกนีเซียมและ อะลูมิเนียม ชนิดละ 2 ชิ้น ต่อ 1 กลุ่ม
2. เตรียมสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 1.0 mol/dm^3 300 cm^3 โดยละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 74.88 g ในน้ำกลั่นเล็กน้อย คนให้ละลายแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 300 cm^3
3. เตรียมสารละลายซิงค์ซัลเฟต 1.0 mol/dm^3 300 cm^3 โดยละลาย $ZnSO_4.7H_2O$ 86.25 g ในน้ำเล็กน้อย คนให้ละลายแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 300 cm^3

บันทึกหลังการสอน

เรื่อง..... **วันที่** ...../...../.....

รายการ	บันทึกผล
1. การดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ในแผนการสอน	....
2. พฤติกรรมของผู้เรียน	....
3. ความเหมาะสมของเวลาที่กำหนด	....
4. ความเหมาะสมของเนื้อหา	....
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน	....
6. ความเหมาะสมของสื่อ	....
7. ความเหมาะสมของการวัดผลประเมินผล	....

ลงชื่อ.....

(นางสาวอุบลวรรณ ไท้ทอง)

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

8. ข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (นิเทศ/ตรวจสอบ/รับรอง)

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

9. ข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ (นิเทศ/ตรวจสอบ/รับรอง)

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นางสาวประชุมพร ฟองลม)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

10. ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการสถานศึกษา (นิเทศ/ตรวจสอบ/รับรอง)

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายชวลิต พลราษฎร์)

ผู้อำนวยการโรงเรียน

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของ แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2 - 6

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก	
ขั้นทำนาย	1. ครูต่อเซลล์ที่ประกอบไปด้วยครึ่งเซลล์ที่มี โลหะทองแดง จุ่มในสารละลาย $CuSO_4$ และครึ่งเซลล์ที่มีโลหะสังกะสีจุ่มในสารละลาย $ZnSO_4$ เชื่อมกันด้วยสะพานเกลือ และให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้ - เมื่อจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีไอออนของโลหะชนิดเดียวกันเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ - เมื่อต่อขั้วทั้งสองเข้ากับโวลต์มิเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร - ถ้าสลับขั้วไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร - ถ้ายกสะพานเกลือออกจะเกิดผลอย่างไร - หากต้องการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นหลายเท่าจากที่นักเรียนสร้างควรทำอย่างไรและต่อเซลล์แบบไหน 2. ครูจุ่มโลหะทองแดงและโลหะสังกะสีลงในสารละลายน้ำเกลือ และให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้ - เมื่อจุ่มโลหะลงในสารละลายเกลือเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ - เมื่อต่อขั้วโลหะทั้งสองเข้ากับโวลต์มิเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ - ถ้าเปลี่ยนชนิดของโลหะจะได้ผลการทดลองเหมือนกันหรือไม่อย่างไร 3. ครูทดลองจุ่มโลหะทองแดงลงในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟตความเข้มข้นต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้ - เมื่อต่อขั้วโลหะจากครึ่งเซลล์ที่มีโลหะจุ่มในสารละลายที่มีไอออนโลหะชนิดเดียวกัน แต่สารละลายมีความเข้มข้นต่างกัน เข้ากับโวลต์มิเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร 4. ครูทดลองเสียบแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีลงในผลส้ม จากนั้นต่อขั้วทั้งสองเข้ากับโวลต์มิเตอร์ และให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้ - เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือไม่ เกิดขึ้นได้อย่างไร - ถ้าสลับขั้วไฟฟ้าจะมีผลอย่างไร - มีอะไรใช้แทนส้มได้บ้าง และให้ผลอย่างไร

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

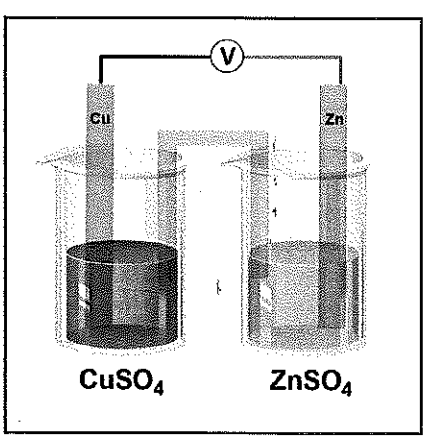
การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก

ขั้นสังเกต

1. นักเรียนออกแบบการทดลองเป็นรายบุคคล โดยครูมีอุปกรณ์ให้
2. นักเรียนในกลุ่มวิจารณ์วิธีทำการทดลองที่เพื่อนออกแบบ ร่วมกันสรุปวิธีการทดลองที่เหมาะสมและออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทำการทดลองเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางการทดลองไปในทางเดียวกัน
4. นักเรียนทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้ การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

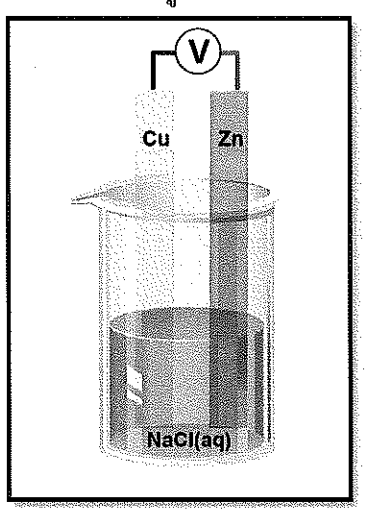
ตอนที่ 1 ศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

1. จุ่มแผ่นทองแดง ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 ที่มีสารละลาย 1.0 M $CuSO_4$ และจุ่มแผ่นสังกะสีลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 ที่มีสารละลาย 1.0 M $ZnSO_4$
2. นำบีกเกอร์ที่มีโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายในข้อ 1. มาวางชิดกัน ใช้สะพานเกลือ วางพาดบีกเกอร์ทั้งสองให้ปลายทั้งสองด้านจุ่มอยู่ในสารละลายแต่ละบีกเกอร์
3. ต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีเข้ากับโวลต์มิเตอร์โดยใช้ลวดตัวนำ (สายไฟ) สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าความต่างศักย์ บันทึกผล
4. สลับขั้วของโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าความต่างศักย์ บันทึกผล
5. ใช้หลอดไฟขนาด 1.0 V มาต่อกับขั้วทองแดงและสังกะสีแทนโวลต์มิเตอร์ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง บันทึกผล

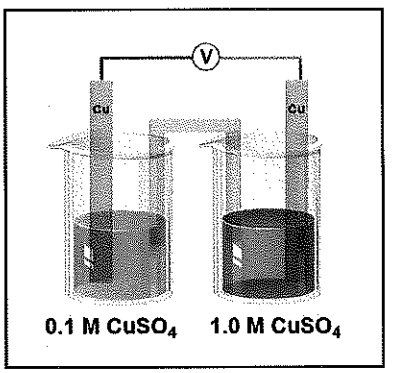
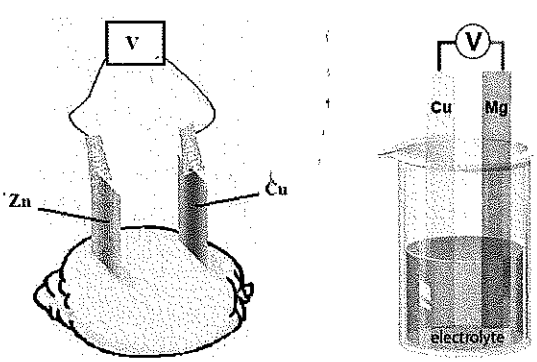


ภาพ การออกแบบการทดลองสร้างเซลล์กัลป์วานิก

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก	
ขั้นสังเกต	**ตอนที่ 2** ศึกษาผลของชนิดของโลหะในเซลล์กัลวานิก 1. เติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 50 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 2. จุ่มแผ่นโลหะทองแดงและแผ่นโลหะสังกะสีลงในสารละลาย โดยไม่ให้แผ่นโลหะทั้งสองสัมผัสกัน ต่อโวลต์มิเตอร์เข้าที่ขั้วทั้งสองสังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ 3. ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนคู่ของโลหะเป็น ทองแดง-เหล็ก ทองแดง-อะลูมิเนียม สังกะสี-เหล็ก สังกะสี–อะลูมิเนียม เหล็ก-อะลูมิเนียม บันทึกค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์  ภาพ การออกแบบการทดลองสร้างเซลล์กัลป์วานิกเพื่อศึกษาผลชนิดโลหะ **ตอนที่ 3** ศึกษาเซลล์ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 1. จุ่มแผ่นโลหะทองแดง ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 ที่มีสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 0.1 mol/dm^3 ปริมาตร 20 cm^3 เขียนฉลาก Cu(s) | Cu^{2+} (aq, 0.1M) ติดไว้ข้างบีกเกอร์ และจุ่มแผ่นโลหะทองแดง ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 ที่มีสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 1.0 mol/dm^3 ปริมาตร 20 cm^3 เขียนฉลาก Cu(s) | Cu^{2+} (aq, 1M) ติดไว้ข้างบีกเกอร์ 2. นำบีกเกอร์ที่มีโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายในข้อ 1. มาวางชิดกัน ใช้สะพานเกลือวางพาดบีกเกอร์ทั้งสองให้ปลายทั้งสองด้านจุ่มอยู่ในสารละลายแต่ละบีกเกอร์

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก	
ขั้นสังเกต	3. ต่อแผ่นทองแดงทั้งสองครึ่งเซลล์เข้ากับโวลต์มิเตอร์โดยใช้ลวดตัวนำ (สายไฟ) สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แล้วอ่านค่าความต่างศักย์ บันทึกผล  ภาพ การออกแบบการทดลองสร้างเซลล์กัลป์วานิกเพื่อศึกษาเซลล์ความเข้มข้น **ตอนที่ 4** ศึกษาผลของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์กัลวานิก 1. เติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 50 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 2. เลือกคู่โลหะที่ให้ศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุดจากการทดลองตอนที่ 2 จุ่มในสารละลาย โดยไม่ให้แผ่นโลหะทั้งสองสัมผัสกัน ต่อโวลต์มิเตอร์เข้าที่ขั้วทั้งสองสังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ 3. ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของสารละลายเป็น น้ำโซดา น้ำขี้เถ้า น้ำอัดลม น้ำคั้นผลไม้ ได้แก่ น้ำส้มคั้น น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำมะเฟือง น้ำแตงกวา น้ำแตงโม น้ำคั้นมะสัง (เลือกกลุ่มละ 3 ชนิด)  ภาพการออกแบบการทดลองสร้างเซลล์กัลป์วานิกเพื่อศึกษาผลของสารละลาย อิเล็กโทรไลต์

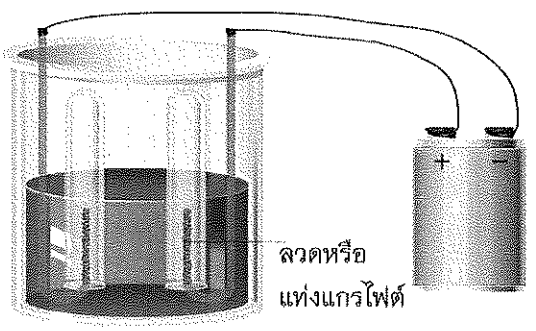
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก	
ขั้นสังเกต	4. ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูประเมินผลการเรียนรู้ โดยสังเกตจากการมีส่วนร่วม 5. ในการทำกิจกรรม และแนะนำตลอดการทำกิจกรรม นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองและนำส่ง
ขั้นอธิบาย	1. นักเรียนอธิบายผลการทดลองและเปรียบเทียบผลการทดลองกับสิ่งที่ทำนายไว้ในขั้นทำนายโดยครูมีแนวคำถามนำให้ **ตอนที่ 1** - เมื่อนำครึ่งเซลล์ $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq)$ กับ $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq)$ มาต่อเข้าด้วยกันเข็มของโวลต์มิเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือไม่ อย่างไร - เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปทิศทางใด - ค่าที่อ่านได้เป็นเท่าใด - นอกจากการเบนของเข็มของโวลมิเตอร์แล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร - ในเซลล์ $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq)$ กับ $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq)$ ที่นำมาต่อกันนั้นนักเรียนคิดว่าครึ่งเซลล์ใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเกิดปฏิกิริยารีดักชัน - ปฏิกิริยารวมซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เขียนสมการแสดงได้อย่างไร - โลหะในแต่ละครึ่งเซลล์นี้ทำหน้าที่อะไร - ถ้าขั้วแอโนดคือขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ขั้วแคโทดคือขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ดังนั้นโลหะที่เป็นขั้วแอโนดและขั้วแคโทด คือโลหะชนิดใด - การที่เข็มของโวลมิเตอร์เบนจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งหมายความว่าอย่างไร - ถ้าไม่มีสะพานไอออนในเซลล์ที่สร้างขึ้น จะเกิดอะไรขึ้น **ตอนที่ 2** - เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าสังกะสี และทองแดงเข้าด้วยกันเข็มของโวลต์มิเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือไม่ อย่างไร สามารถเขียนสมการที่เกิดขึ้นได้อย่างไร - เมื่อเปลี่ยนชนิดของโลหะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร - จงเรียงลำดับการเสียอิเล็กตรอนของ Al, Fe , Cu และ Zn ได้อย่างไร

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 2 เซลล์กัลป์วานิก	
	ตอนที่ 3 - เมื่อนำครึ่งเซลล์ Cu(s) | Cu^{2+} (aq, 0.1 M) กับ Cu(s) | Cu^{2+} (aq,1.0 M) มาต่อเข้าด้วยกันเข็มของโวลต์มิเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือไม่ อย่างไร - เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปทิศทางใด - ในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกันมีปริมาณไอออนแตกต่างกันอย่างไร - ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้วเขียนได้อย่างไร - ปฏิกิริยารวมซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เขียนสมการแสดงได้อย่างไร **ตอนที่ 4** - สารละลายมีบทบาทหน้าที่อย่างไรในเซลล์ไฟฟ้า - สารละลายที่สามารถนำมาใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์มีลักษณะอย่างไรบ้าง - สุ่มตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน การทดลองละ 2 กลุ่ม จากนั้นร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ

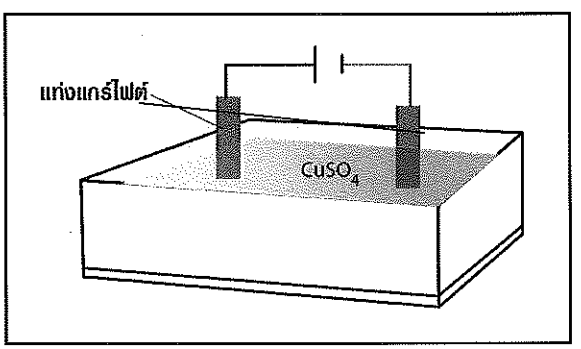
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 3 การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า	
ขั้นทำนาย	นักเรียนดูการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียนดังนี้ - เมื่อต่อขั้วทั้งสองเข้ากับแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉาย จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร - ที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างไร และสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นนักเรียนคิดว่าเป็นสารอะไร  ภาพ การออกแบบการทดลองแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า
ขั้นสังเกต	1. นักเรียนออกแบบการทดลองโดยครูมีอุปกรณ์ให้ 2. นักเรียนออกแบบการทดลองเป็นรายบุคคล และนำส่ง 3. นักเรียนอภิปรายกันในกลุ่มถึงแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผล พร้อมทั้งบันทึกลงในใบงาน 4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางการทดลองไปในทางเดียวกัน 5. นักเรียนทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ดังนี้ 1. เติมน้ำลงในชุดแยกน้ำด้วยไฟฟ้าจนเต็มจากนั้นหยดสารละลายกรดซัลฟิวริก 2-3 หยด จากนั้นคว่ำลงให้น้ำเต็มหลอดทดลอง 2. ต่อขั้วไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอรี่ 9 โวลต์ ให้ครบวงจร ตั้งไว้สักครู่ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง บันทึกผล 6. ทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดทั้งสองด้วยก้านธูปที่ติดไฟ สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 3 การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า	
ขั้นสังเกต	7. ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูประเมินผลการเรียนรู้ โดยสังเกตจากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม พร้อมเดินดูและแนะนำตลอดการทำกิจกรรมนักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองและนำส่ง
ขั้นอธิบาย	1. นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาอธิบายและสรุปคำอธิบายเปรียบเทียบผลการทดลองกับที่ทำนายไว้โดยครูมีคำถามนำให้ - ขั้วที่ต่อกับขั้วลบของถ่านไฟฉายมีศักย์ไฟฟ้าเป็นอย่างไร มีผลอย่างไรเกิดขึ้น สามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างไร - ขั้วที่ต่อกับขั้วบวกของถ่านไฟฉายมีศักย์ไฟฟ้าเป็นอย่างไร มีผลอย่างไรเกิดขึ้น สามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างไร - เมื่อทดสอบด้วยก้านธูปมีผลอย่างไรเกิดขึ้น - ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสองมีปริมาณแตกต่างกันอย่างไร 2. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนโดยใช้เวลากลุ่มละประมาณ 5 นาที 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ

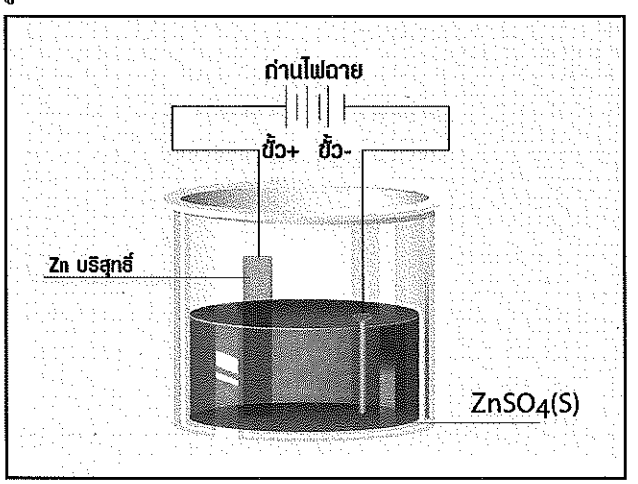
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 4 การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า	
ขั้นทำนาย	นักเรียนดูการทดลองจุ่มแท่งแกรไฟต์ที่ต่อกับแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉายลงในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียนดังนี้ - นักเรียนสังเกตเห็นอะไรเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง นักเรียนคิดว่าสิ่งที่เกิดขึ้นนั้นคือสารอะไร - ถ้าเปลี่ยนสารละลายจากสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟตเป็นสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง - สามารถทดสอบได้อย่างไรว่าสารที่เกิดขึ้นเป็นสารอะไร  ภาพ การออกแบบการทดลองแยกสารละลาย คอปเปอร์(II)ซัลเฟตด้วยกระแสไฟฟ้า
ขั้นสังเกต	1. นักเรียนออกแบบการทดลองโดยครูมีอุปกรณ์ให้ 2. นักเรียนออกแบบการทดลองเป็นรายบุคคล และนำส่งจากนั้นร่วมกันอภิปรายในกลุ่มถึงแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผล พร้อมทั้งบันทึกลงในใบงาน 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางการทดลองไปในทางเดียวกัน 4. นักเรียนทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้ดังนี้ 1. บรรจุสารละลาย $CuSO_4$ 0.5 mol/dm^3 ลงในกล่องพลาสติกขนาด 4 × 10 เซนติเมตร 2. ใช้แท่งแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้าต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ให้ครบวงจร ตั้งไว้สักครู่ สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล 3. ทำก ารทดลองเช่นเดียวกับขั้นที่ 1 – 2 แต่ใช้สารละลาย KI 0.5 mol/dm^3 แทนสารละลาย $CuSO_4$ และเติมน้ำแป้งลงในสารละลาย 2- 3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 4 การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า	
	4. ทดลองซ้ำในสารละลาย KI แต่เปลี่ยนจากหยดน้ำแป้งเป็นหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนแทน สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล 5. ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูประเมินผลการเรียนรู้ โดยสังเกตจากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม พร้อมเดินดูและแนะนำการทำกิจกรรม 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองและนำส่ง
ขั้นอธิบาย	1. นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาอธิบายและสรุปคำอธิบายเปรียบเทียบผลการทดลองกับที่ทำนายไว้โดยครูมีคำถามนำให้ - สารละลาย $CuSO_4$ แตกตัวเป็นไอออนได้ผลิตภัณฑ์ คืออะไร - ที่ขั้วลบเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สารที่ทำปฏิกิริยาคืออะไร และได้ผลิตภัณฑ์คืออะไร - ที่ขั้วลบ สารที่รับอิเล็กตรอนได้ได้แก่สารใด เนื่องจากอะไร - เปรียบเทียบความสารถในการรับอิเล็กตรอนของ H_2O กับ Cu^{2+} ได้อย่างไร - ที่ขั้วบวกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร - ที่ขั้วบวกสารที่เกิดปฏิกิริยาได้คือสารใด เพราะเหตุใด - เปรียบเทียบความสารถในการให้อิเล็กตรอนของ H_2O กับ SO_4^{2-} ได้อย่างไร - ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสองคืออะไร - ในสารละลายมีไอออนอะไรเหลืออยู่บ้าง 2. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน โดยใช้เวลากลุ่มละประมาณ 5 นาที 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ

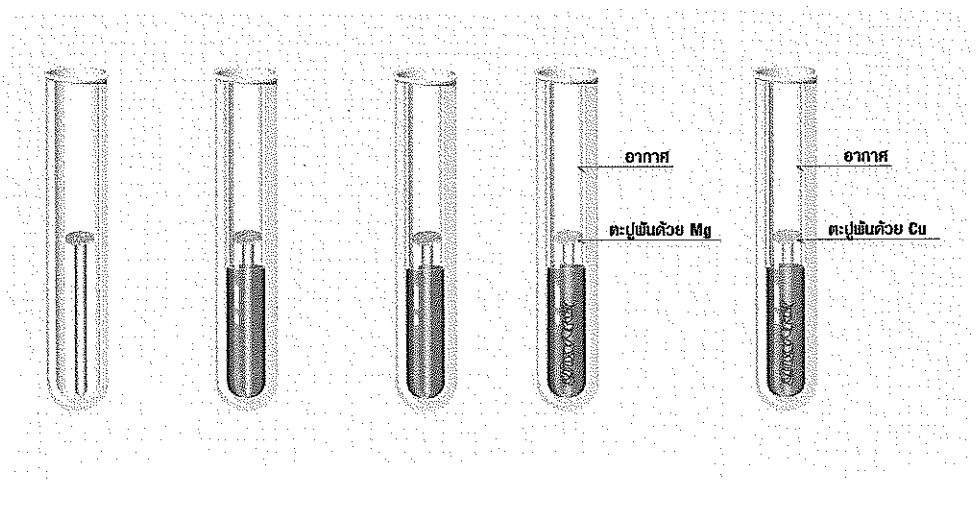
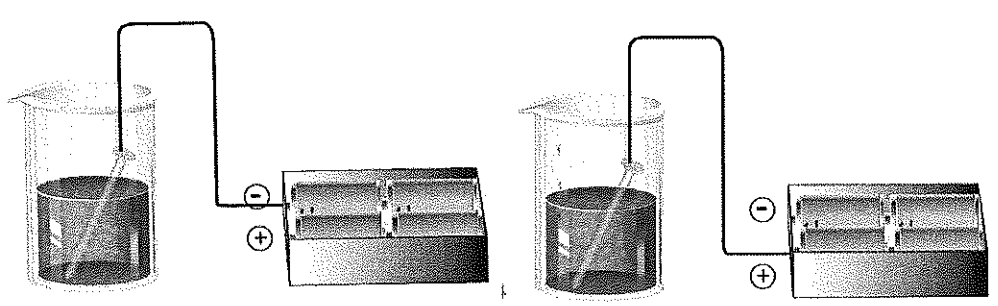
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 5 การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า	
ขั้นทำนาย	นักเรียนดูการทดลองชุบเหรียญบาทด้วยทองแดง จากให้นักเรียนพิจารณาตะปูที่เป็นสนิมและตั้งคำถามกับนักเรียน เช่น เราจะสามารถป้องกันไม่ให้ตะปูเป็นสนิมได้หรือไม่อย่างไรบ้าง หากต้องการชุบตะปูด้วยโลหะจะต้องเลือกโลหะที่มีลักษณะอย่างไร ถ้าต้องการชุบตะปูเหล็กด้วยโลหะสังกะสีจะมีวิธีการอย่างไร  ภาพ การออกแบบการทดลองชุบตะปูด้วยสังกะสีด้วยกระแสไฟฟ้า
ขั้นสังเกต	1. นักเรียนออกแบบการทดลองโดยครูมีอุปกรณ์ให้ 2. นักเรียนออกแบบการทดลองเป็นรายบุคคล และส่งครู 3. นักเรียนอภิปรายกันในกลุ่มถึงแผนการทดลองจากนั้นเขียนส่งครู 4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางการทดลองไปในทางเดียวกัน 5. นักเรียนทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ดังนี้ 1. ใช้กระดาษทรายขัดตะปูเหล็กขนาดยาวประมาณ 3 cm แล้วนำไปแช่ในสารละลายกรด 1.0 M HCl 2 นาที นำออกมาล้างน้ำให้สะอาดและเช็ดผิวให้แห้ง 2. เติมสารละลาย 0.1M $ZnSO_4$ 70 cm^3 ลงในบีกเกอร์ 3. ต่อแผ่นสังกะสีเข้ากับขั้วบวก และต่อตะปูเหล็กเข้ากับขั้วลบของแบตเตอร์รี่ ใช้ศักดิ์ไฟฟ้าประมาณ 3 โวลต์ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาที

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 5 การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า	
ขั้นสังเกต	ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูประเมินผลการเรียนรู้ โดยสังเกตจากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม พร้อมเดินดูและแนะนำการทำกิจกรรม
ขั้นอธิบาย	1. นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาอธิบายและสรุปคำอธิบายเปรียบเทียบผลการทดลองกับที่ทำนายไว้โดยครูมีคำถามนำให้ - ขั้วโลหะสังกะสีและตะปูเหล็กมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร - สมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสองเป็นอย่างไร 2. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน โดยใช้เวลากลุ่มละประมาณ 5 นาที 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ

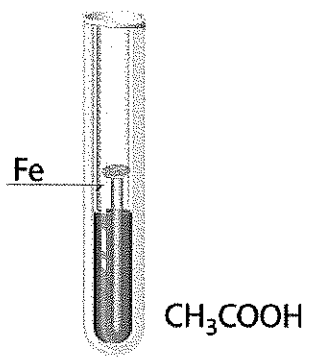
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อน	
ขั้นทำนาย	นักเรียนดูภาพการผุกร่อนของเหล็ก และตอบคำถามในใบงานถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดการผุกร่อน จากนั้นนักเรียนดูการทดลองที่นำตะปูเหล็กอยู่ในระบบต่าง ๆ จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียนดังนี้ - ตะปูเหล็กในแต่ละระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร - ถ้าทิ้งตะปูเหล็กในแต่ละระบบไว้เป็นเวลานานขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร  1 2 3 4 5  6 7 ภาพ การออกแบบการทดลองการป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก (1-10)

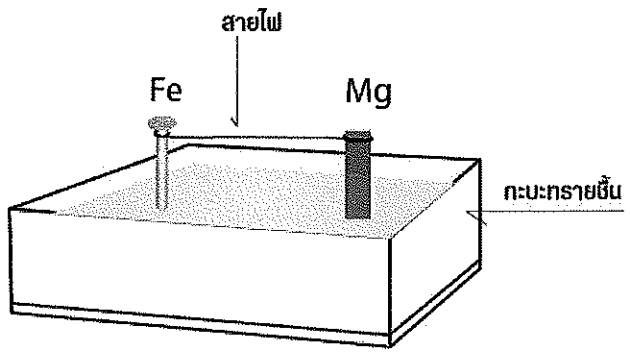
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อน

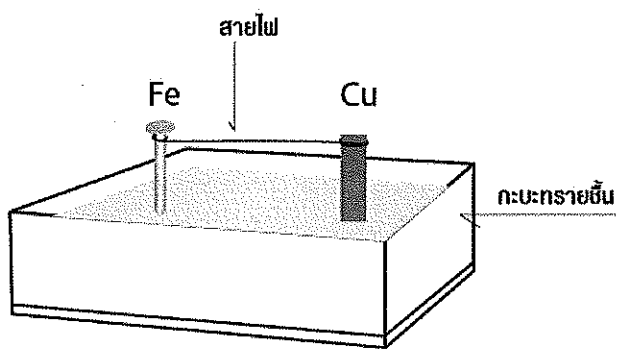
ขั้นทำนาย



8



9



10

ภาพ การออกแบบการทดลองการป้องกันการผุกร่อนของตะปูเหล็ก (1-10) (ต่อ)

ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อน	
ขั้นสังเกต	นักเรียนเลียนแบบการทดลองตามที่ครูสาธิตดังนี้ **ขั้นที่ 1** นำตะปูเหล็กยาวประมาณ 5 cm^3 จำนวน 10 ตัว ขัดผิวให้สะอาดแล้วนำตะปูแต่ละตัวมาทำการทดลองโดยใส่ลงในหลอดทดลอง และปฏิบัติดังต่อไปนี้ 1. วางไว้ในอากาศ 2. เคลือบด้วยวาสลีน หรือพันด้วยเทปใส แล้วแช่ในน้ำกลั่น 3. วางไว้โดยให้น้ำท่วมครึ่งหนึ่งของตะปูเหล็ก 4. พันด้วยลวดแมกนีเซียมและวางไว้ในที่มีอากาศชื้น 5. ทำเหมือนหลอดทดลองที่ 4 แต่ใช้ลวดทองแดงแทนแมกนีเซียม 6. แช่ในสารละลายน้ำส้มสายชู โดยให้ครึ่งหนึ่งอยู่พ้นผิวน้ำ 7. แช่ในน้ำโดยให้ครึ่งหนึ่งอยู่พ้นผิวน้ำและต่อปลายที่พ้นผิวน้ำกับขั้วบวกของถ่านไฟฉาย 8. แช่ในน้ำโดยให้ครึ่งหนึ่งอยู่พ้นผิวน้ำและต่อปลายที่พ้นผิวน้ำกับขั้วลบของถ่านไฟฉาย 9. ต่อตะปูเข้ากับลวดแมกนีเซียม แล้วปักลงในกระบะทรายชื้น 10. ต่อตะปูเข้ากับลวดทองแดง แล้วปักลงในกระบะทรายชื้น **ขั้นที่ 2** เก็บการทดลองนี้ไว้ประมาณ 1 วัน สังเกตผลที่เกิดขึ้น บันทึกผล และตั้งทิ้งไว้อีก 3 วัน สังเกตผลที่เกิดขึ้น บันทึกผล ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูประเมินผลการเรียนรู้ โดยสังเกตจากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม พร้อมเดินดูและแนะนำการทำกิจกรรม

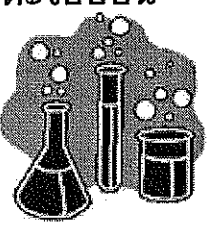
ตารางที่ ข.1 สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

การทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อน	
ขั้นอธิบาย	1. นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาอธิบายและสรุปคำอธิบายเปรียบเทียบผลการทดลองกับที่ทำนายไว้โดยครูมีคำถามนำให้ - ตะปูเหล็กจะเกิดการผุกร่อนเนื่องจากสาเหตุใด - สารละลายกรดมีผลต่อตะปูเหล็กอย่างไร - น้ำและออกซิเจนในอากาศมีผลต่อตะปูเหล็กอย่างไร - โลหะที่นำมาต่อกับตะปูเหล็กมีผลต่อตะปูเหล็กอย่างไร - การต่อตะปูเหล็กเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของถ่านไฟฉายมีผลต่อตะปูเหล็กแตกต่างกันอย่างไร - นักเรียนสามารถป้องกันการผุกร่อนของโลหะได้อย่างไร โดยอาศัยหลักการทางไฟฟ้าเคมี 2. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนโดยใช้เวลากลุ่มละประมาณ 5 นาที 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมการทดลองของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กิจกรรมที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน



ผู้ทำการทดลอง

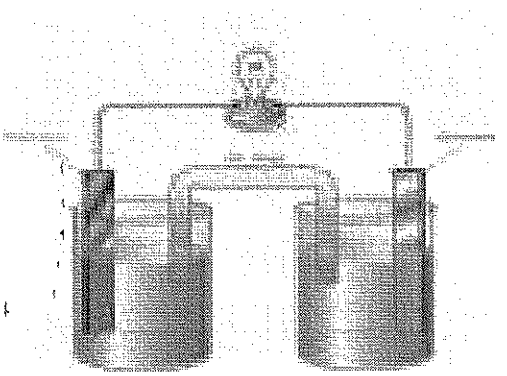
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในสารละลายได้
2. อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในปฏิกิริยา พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนได้

วัสดุอุปกรณ์

1. สารละลาย $CuSO_4$ 1 mol / dm^3
2. สารละลาย $ZnSO_4$ 1 mol / dm^3
3. โลหะสังกะสี
4. โลหะทองแดง
5. โลหะอะลูมิเนียม
6. ตะปูเหล็ก
7. โลหะแมกนีเซียม
8. หลอดทดลอง
9. บีกเกอร์
10. กระบอกตวง ขนาด 25 cm^3
11. กระดาษทราย ขนาด 3 cm × 3 cm



คำถามก่อนการทดลอง

- เมื่อจุ่มโลหะลงในสารละลายของโลหะไอออนจะมีผลการทดลองเป็นเช่นไร

.....

.....

.....

.....

- ถ้าเปลี่ยนชนิดของสารละลาย หรือโลหะผลการทดลองที่เกิดขึ้นควรจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ออกแบบวิธีการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

วิธีกาทดลอง

ตัวแปรต้น :

.....

ตัวแปรตาม :

.....

ตัวแปรควบคุม :

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

คำถามเพื่อการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1. การทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงคือระบบใดบ้างซึ่งประกอบไปด้วยโลหะและไอออนของโลหะคือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สังเกตจาก

.....

.....

2. การจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีโลหะไอออนชนิดเดียวกับโลหะจะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่

..... เช่น.....

.....

.....

.....

3.การจุ่มโลหะลงในสารละลายที่มีโลหะไอออนต่างชนิดกับโลหะจะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่

..... อย่างไร.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เรียกปฏิกิริยาที่สารให้อิเล็กตรอนว่า.....

เรียกปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอนว่า.....

เรียกปฏิกิริยาที่สารมีทั้งการให้และรับอิเล็กตรอนว่า .....

5. ตัวรีดิวซ์คือ.....

ตัวออกซิไดส์ คือ.....

6. ในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. เปรียบเทียบความสามารถในการรับอิเล็กตรอน หรือตัวออกซิไดส์ของสารได้ดังนี้

.....

8. เปรียบเทียบความสามารถในการให้อิเล็กตรอน หรือตัวรีดิวซ์ของสารได้ดังนี้

.....

9. สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการจุ่มโลหะลงในสารละลายของโลหะไอออน และเปรียบเทียบตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ได้ดังนี้

จงตอบคำถามโดยการเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จุ่ม Mg ลงในสารละลาย $ZnSO_4$ เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้ เกิดผลึกสีเทาเข้มเกาะที่แผ่น Mg เคาะออกพบว่า Mg กร่อน
   a. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ.....
   b. ปฏิกิริยารีดักชัน คือ .....
   c. ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ .....
   d. ตัวออกซิไดส์ คือ .....ตัวรีดิวส์ คือ.....
2. จุ่ม Cr ลงในสารละลาย HCl เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้
   - Cr กร่อน สารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีฟ้า
   - เกิดฟองแก๊สไม่มีสี
   a. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ.....
   b. ปฏิกิริยารีดักชัน คือ .....
   c. ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ .....
   d. ตัวออกซิไดส์ คือ ..... ตัวรีดิวซ์ คือ.....
3. กำหนดข้อมูลให้ดังนี้
   - ใส่ตะปูเหล็กลงในสารละลาย $NiSO_4$ พบว่าตะปูกร่อน
   - ใส่โลหะ Ni ลงในสารละลาย $AgNO_3$ พบว่าโลหะนิกเกิลกร่อนและเมื่อจุ่มโลหะ Ni ลงในสารลาย $FeSO_4$ พบว่าโลหะนิกเกิลไม่เปลี่ยนแปลง
     a. เปรียบเทียบตัวออกซิไดส์ได้ดังนี้.....
     b. เปรียบเทียบตัวรีดิวซ์ได้ดังนี้.....

4. ผสมสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ กับสารละลาย KI เกิดตะกอนสีเหลือง เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ เพราะเหตุใด จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

   .....

   .....

5. โลหะ A เสียอิเล็กตรอนยากกว่าโลหะ B เมื่อจุ่มโลหะ A ลงในสารละลาย BSO_4 จะไม่เกิดปฏิกิริยา ถ้าจุ่มโลหะ B ลงในสารละลาย ASO_4 จะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ .....อย่างไร.....

ภาคผนวก ง
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี

โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี

รายวิชาเคมี รหัสวิชา ว40225ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นปีที่ 3

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้ทั้งหมด 11 หน้า เป็นข้อสอบปรนัย 40 ข้อ เวลา 60 นาที
2. คะแนนเต็ม 40 คะแนน
3. ให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้
   3.1 เขียนชื่อ – สกุล ชั้น เลขที่รหัสวิชา และรายวิชาให้เรียบร้อย
   3.2 เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือก ก ข ค ง ในกระดาษคำตอบที่แจกให้
   3.3 ห้ามขีด-เขียน หรือทำเครื่องหมายใด ๆ ในข้อสอบ
   3.4 คืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบแก่กรรมการผู้กำกับห้องสอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุได้ว่าสารใดเสียอิเล็กตรอน และสารใดรับอิเล็กตรอน พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
2. บอกความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ พร้อมทั้งเขียนสมาการแสดงปฏิกิริยาได้
3. อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์ และตัวรีดิวซ์ในแง่ของการถ่ายโอนอิเล็กตรอน การเพิ่มหรือลดเลขออกซิเดชันได้
4. เปรียบเทียบความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนของโลหะกับไอออนของโลหะ

1. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้ สารใดทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์

$$Fe^{3+}(aq) + Cl^{-}(aq) \longrightarrow Fe\,(s) + Cl_2\,(g)$$

ก. $Fe^{3+}(aq)$ ข. $Cl^{-}(aq)$ ค. $Fe\,(s)$ ง. $Cl_2\,(g)$

2. ครึ่งเซลล์ใดจัดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน

ก. $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^{-}$ ข. $H^{+} + OH^{-} \longrightarrow H_2O$

ค. $Mn^{2+} + S^{2-} \longrightarrow MnS$ ง. $Ag^{+} + e^{-} \longrightarrow Ag$

3. ปฏิกิริยาในข้อใดไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์

ก. $SO_2 + NO_2 \longrightarrow SO_3 + NO$

ข. $2HCl(aq) + Na_2CO_3(aq) \longrightarrow 2NaCl(s) + H_2CO_3(aq)$

ค. $Cu(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag\,(s)$

ง. $N_2H_4(aq) + O_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(I)$

4. จากปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง

$$2Al(s) + 6H^+(aq) \longrightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g)$$

ก. ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$ ข. Al ถูกออกซิไดส์ด้วย H^+

ค. ตัวออกซิไดส์ คือ Al(s) ง. ตัวรีดิวซ์ คือ $H^+(aq)$

5. จงพิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$Cd + NiO_2 + H_2O \longrightarrow Cd(OH)_2 + Ni(OH)_2$$

1) ครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $Cd \longrightarrow Cd^{2+} + 2e^-$

2) NiO_2เป็นตัวออกซิไดส์

3) Cd ถูกออกซิไดส์ให้เป็น Cd^{2+}

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. 1 และ 2 ข. 2 และ 3 ค. 1 และ 3 ง. 1, 2 และ 3

6. เมื่อจุ่มแท่งโลหะลงในสารละลายของโลหะไอออนต่างๆกันให้ผลดังนี้

ระบบที่	โลหะในสารละลาย	บันทึกการเปลี่ยนแปลง	
		ชิ้นโลหะ	สารละลาย
1	Zn ใน $CuSO_4$	สังกะสีส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลายมีสีน้ำตาลแดงเกาะ	สรละลายสีฟ้าจางลง
2	Ag ใน $ZnSO_4$	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
3	Cu ใน $AgSO_4$	ทองแดงส่วนที่จุ่มในสารละลายมีสารเงินฉาบอยู่	สารละลายใสเปลี่ยนเป็นสีฟ้า
4	Fe ใน $CuSO_4$	เหล็กกร่อน	สารละลายสีฟ้าจางลง
5	Fe ใน $ZnSO_4$	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากข้อมูล ลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากมากไปน้อยคือข้อใด

ก. $Zn^{2+} > Fe^{2+} > Cu^{2+} > Ag^+$ ข. $Cu^{2+} > Ag^+ > Zn^{2+} > Fe^{2+}$

ค. $Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Ag^+$ ง. $Ag^+ > Cu^{2+} > Fe^{2+} > Zn^{2+}$

7. พิจารณาการทดลอง และผลการทดลองต่อนี้

การทดลอง	ผลที่สังเกตได้
จุ่มลวดทองแดงลงในสารละลาย Ag^+	สารละลายเปลี่ยนผลจากสีใสเป็นสีฟ้า
จุ่มลวดแมกนีเซียมลงในสารละลาย Cu^{2+}	สารละลายเปลี่ยนผลจากสีฟ้าเป็นสีฟ้าจางลง
จุ่มเหล็กลงในสารละลาย Cu^{2+}	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอมเขียว

จากผลการทดลองข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. ทองแดงเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีที่สุด ข. Cu^{2+}เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่า Ag

ค. เหล็กเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่าสังกะสี ง. Ag^+เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุด

8. ถ้าเรียงลำดับความแรงของตัวรีดิวซ์เป็นดังนี้ A > B > C >D ดังนั้นเมื่อจุ่มโลหะ A, B, C และ D ลงในสารละลายโลหะไอออนต่าง ๆ จะได้ผลการทดลองตามข้อใด

เมื่อ + หมายถึง มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

\- หมายถึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

การทดลองที่	โลหะ	สารละลายของไอออน			
		A^{2+}	B^{2+}	C^{2+}	D^{2+}
1	A	-	+	+	+
2	B	-	-	-	+
3	C	-	-	-	+
4	D	-	+	+	-

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3

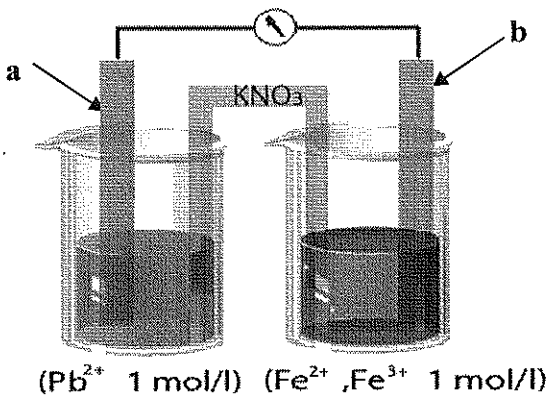
ค. ข้อ 2 และ 3 ง.ข้อ 1, 3 และ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้

5. บอกหลักการ และเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก บอกหลักเกณฑ์ใช้กำหนดศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) ใช้ค่า E^0 ของครึ่งเซลล์ได้

6. ระบุประเภทเซลล์กัลวานิก อธิบายหลักการทำงานของเซลล์ปฐมภูมิ และทุติยภูมิบางชนิดที่เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้

คำชี้แจง: จงใช้ภาพเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้ ตอบคำถาม ข้อ 9 - 10



9. จากรูป "a และ b" คืออะไรตามลำดับ

ก. แท่งเหล็กกับแท่งตะกั่ว
ข. แท่งตะกั่วกับ แท่งเหล็ก
ค. แท่งตะกั่ว กับ ขั้วเฉื่อย Pt
ง. ขั้วเฉื่อย Ptกับ แท่งตะกั่ว

10. จากรูปข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. bคือ โลหะเหล็ก (Fe)
ข. แผนภาพเซลล์คือ b | Fe^{3+} | Fe^{2+} || Pb^{2+} | Pb
ค. ตัวออกซิไดส์คือ Pb^{2+}ตัวรีดิวซ์คือ b
ง. ปฏิกิริยารวมของเซลล์มีการรับและให้อิเล็กตรอนรวม 3 ตัว

11. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูก**ต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

1) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด
2) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสะพานไอออน
3) เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่จะทำให้เกิดการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์โดยทิศทางของเข็มจะเบนออกจากขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 3 ค. 2 และ 3 ง. 1, 2 และ 3

12. ในการทดลองผสมสาร A(s) | A^{2+}(aq) || B^{2+}(aq) | B(s) ในบีกเกอร์ที่ 1 และผสมสาร B^{2+}(aq) | B(s) || C(s) | C^{2+}(aq) ในบีกเกอร์ที่ 2 ได้ข้อมูลดังตาราง

ปริมาณ	บีกเกอร์ที่ 1	บีกเกอร์ที่ 2
A	เพิ่ม	-
B	ลด	เพิ่ม
C	-	ลด

ถ้านำ A(s) | A^{2+}(aq) ต่อกับ C(s) | C^{2+}(aq) ข้อใดสรุปผิด

ก. เข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนไปทางขั้ว A

ข. ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้ $A(s) \longrightarrow A^{2+}(aq) + 2e^-$

ค. ขั้ว C เป็นขั้วแอโนด

ง. โลหะ A มีปริมาณหนาขึ้น

คำชี้แจง: ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 13– 14

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์	E^0 (V)
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$	+0.34
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$	-0.44
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$	-0.25
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn(s)$	-0.14

13. ถ้าสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมี เหล็ก-ทองแดง ข้อใดถูกต้อง

ก. อิเล็กตรอนไหลจากเหล็กไปยังทองแดง ข. เหล็กเป็นแคโทด

ค. ตัวรีดิวซ์คือทองแดง ง. แผนภาพเซลล์ Cu | Cu^{2+} || Fe^{2+} | Fe

14. ข้อความใดถูกต้อง

ก. ภาชนะที่ทำจากโลหะดีบุกหรือนิเกิลสามารถใช้บรรจุสารละลาย $CuSO_4$ ได้

ข. ลำดับความสามารถในการถูกรีดิวซ์ของโลหะ ต่างๆ ได้ดังนี้ Fe > Ni >Sn> Cu

ค. ถ้าต่อครึ่งเซลล์ Fe กับ Ni เข้าด้วยกัน ครึ่งเซลล์ของ Fe จะทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด

ง. ถ้าต่อครึ่งเซลล์ Fe กับ Cu เข้าด้วยกัน เข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนไปทางขั้ว Cu

15. จากข้อมูลในตารางสามารถเรียงลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดังข้อใด

ก. $Cu^{2+} > Fe^{2+} > Ni^{2+} > Sn^{2+}$ ข. $Cu^{2+} > Sn^{2+} > Ni^{2+} > Fe^{2+}$

ค. Cu> Fe > Ni>Sn ง. Cu>Sn> Ni> Fe

16. จากข้อมูลต่อไปนี้ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

$$Zn(s) + Pb^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Pb(s) \qquad E^0_{cell} = +0.63\ V$$

ก. Zn เป็นตัวรีดิวซ์

ข. เขียนแผนภาพเซลล์ได้ดังนี้ Zn | Zn^{2+} || Pb^{2+} | Pb

ค. เข็มโวลต์มิเตอร์จะเบนไปทางขั้ว Pb

ง. สังกะสีเป็นขั้วแคโทด

17. เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ประกอบด้วยครึ่งเซลล์สองครึ่งเซลล์ดังนี้

$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$ $\quad E^0 = -1.16$ V

$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$ $\quad E^0 = +1.36$ V

ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นในเซลล์ไฟฟ้าคือข้อใด

ก. $Al^{3+} + Cl_2 \longrightarrow Al + 2Cl^-$ ข. $Al + 2Cl^- \longrightarrow Al^{3+} + Cl_2$

ค. $2Al^{3+} + 3Cl_2 \longrightarrow 2Al + 6Cl^-$ ง. $2Al + 3Cl_2 \longrightarrow 2Al^{3+} + 6Cl^-$

18. การเขียนแผนภาพเซลล์ในข้อใดถูกต้อง

ก. $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Mg(s) \mid Mg^{2+}(aq)$

ข. $Pt(s) \mid H_2(g,1\ atm) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

ค. $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

ง. $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq), (0.1\ mol/l) \parallel Zn^{2+}(aq), (1.0\ mol/l) \mid Zn(s)$

19. ข้อใดเป็นปฏิกิริยาของแผนภาพนี้ $Pt(s) \mid H_2(g,1\ atm) \mid H^+(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

ก. $H_2 + Cu \longrightarrow H^+ + Cu^{2+}$ ข. $H_2 + Cu^{2+} \longrightarrow 2H^+ + Cu$

ค. $H_2 + Cu \longrightarrow H^+ + Cu^{2+} + 3e^-$ ง. $Pt + 2H^+ + Cu \longrightarrow H_2 + Cu^{2+} + Pt$

20. $Mg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mg(s)$ $\quad E^0 = -2.37$ V

$Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$ $\quad E^0 = +1.66$ V

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. Al เป็นขั้วแอโนด ข. Mg เป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

ค. Al^{3+} เป็นตัวออกซิไดส์ ง. $E^0_{cell} = +4.03$ V

21. จากแผนภาพเซลล์นี้ข้อใดกล่าว**ไม่ถูก**ต้อง

$Pt(s) \mid Sn^{2+}(aq), Sn^{4+}(aq) \mid\mid Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq) \mid Pt(s)$

ก. Fe^{3+} เป็นตัวออกซิไดส์

ข. Sn^{4+} เป็นตัวถูกรีดิวซ์

ค. Ptเป็นขั้วไฟฟ้า

ง. สมการของปฏิกิริยานี้คือ $Sn^{2+}(aq) + Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Sn^{4+}(aq) + Fe(s)$

คำชี้แจง :จากข้อมูลต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 22-23

ปฏิกิริยาของครึ่งเซลล์	**E^0(v)**
$Cs^+(aq) + e^- \longrightarrow Cs(s)$	-2.92
$Ba^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ba(S)$	-2.90
$Sr^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sr(s)$	-2.89
$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ca(s)$	-2.87
$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$	-2.71

22. สารในข้อใดถูกออกซิไดส์และถูกรีดิวซ์ได้ง่ายที่สุดตามลำดับ

ก. Cs และ Na^+ ข. Naและ Cs^+ ค.Na^+และ Cs ง. Ca^+และ Na

23. ข้อใดเรียงลำดับสารที่เป็นตัวรีดิวซ์แรงไปยังสารที่เป็นตัวรีดิวซ์ที่ไม่แรงได้ถูกต้องที่สุด

ก. Cs, Ba, Sr, Ca, Na ข. Na ,Ca, Sr, Ba, Cs

ค. Cs^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}, N ง.Na^+, Cs^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}

จุดประสงค์การเรียนรู้

7. อธิบายหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ และนำหลักการมาทดลองแยกสารละลาย ชุบโลหะ
8. อธิบายการแยกสารที่หลอมเหลว และการทำโลหะให้บริสุทธิ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

24. ถ้าต้องการแยกสสาร $MaCl_2$ที่หลอมเหลวในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ข้อใดถูกต้อง

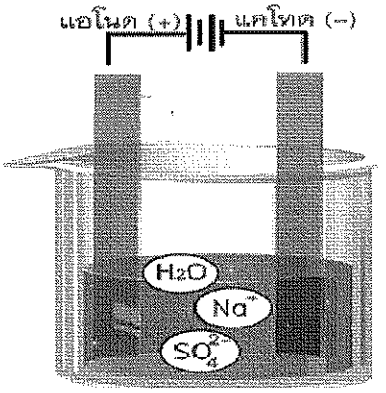
ก. จะเกิดโลหะ Mg ที่ขั้วแคโทด

ข. จะเกิดโลหะ Mg ที่ขั้วแอโนด

ค. จำเป็นต้องใช้โลหะ Mg ที่ไม่บริสุทธิ์เป็นขั้วแอโนด

ง. จะเกิดแก๊ส Cl_2ที่ขั้วแคโทด

25. จากรูปด้านล่างถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลาย Na_2SO_4 จะเกิดสารใดที่ขั้วแอโนดและแคโทดตามลำดับ



$Na^+ + e^- \rightarrow Na \qquad E^\circ = -2.71V$

$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-} \qquad E^\circ = +2.01V$

$O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O \qquad E^\circ = +1.23V$

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E^\circ = -0.83V$

ก. H_2และ $S_2O_8^{2-}$ ข. O_2และ H_2 ค. Na และ O_2 ง. H_2และ O_2

26. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. โลหะที่ต้องการชุบ ต้องเป็นขั้วบวก

ข. โลหะที่จะใช้ชุบ ต้องเป็นขั้วลบ

ค. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีไอออนชนิดเดียวกับโลหะที่ใช้เป็นขั้วแคโทด

ง. การชุบโลหะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

27. ถ้าต้องการชุบช้อนด้วยสังกะสี โดยวิธีอิเล็กโทรลิซีส ควรทำอย่างไร

ก. ใช้ช้อนเงินเป็นแอโนด และเกิดปฏิกิริยาดังนี้ $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

ข. ใช้ช้อนเงินเป็นแอโนด และเกิดปฏิกิริยาดังนี้ $Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$

ค. ใช้ช้อนเงินเป็นแคโทด และเกิดปฏิกิริยาดังนี้ $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

ง. ใช้ช้อนเงินเป็นแคโทด และเกิดปฏิกิริยาดังนี้ $Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$

28. ถ้าต้องการชุบแหวนทองด้วยเงินจะต้องปฏิบัติตามข้อใด

ก. ให้แหวนต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่

ข. ให้โลหะเงินเป็นขั้วแคโทด

ค. ต้องใช้แกรไฟต์ (C) เป็นขั้วไฟฟ้า

ง. ในสารละลายจะต้องมีไอออนของโลหะทองแดง (Cu^{2+}) ละลายอยู่

29. ถ้าต้องการชุบช้อนทองแดงด้วยสังกะสี ควรใช้อะไรเป็นขั้วแอโนด แคโทด และสารอิเล็กโทรไลต์ ตามลำดับ

ก. ช้อน, Zn, $ZnSO_4$ ข. ช้อน, Zn, $CuSO_4$

ค.Zn, ช้อน, $ZnSO_4$ ง.Zn ช้อน, $CuSO_4$

30. จากข้อ 29 นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนดควรเป็นดังข้อใด

ก. $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ ข. $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ค. $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ ง. $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$

31. พิจารณาข้อความเกี่ยวกับการชุบช้อนสังกะสีด้วย โลหะเงินโดยวิธีอิเล็กโทรไลซีส

1. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้คือ Ag^+

2. ช้อนสังกะสีเป็นแคโทด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $Ag^+ + 2e^- \longrightarrow Ag$

3. ช้อนสังกะสีเป็นแอโนด โดยนำช้อนสังกะสีต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่

4. แท่งเงินเป็นแอโนด และต่อแท่งเงินเข้ากับขั้วของแบตเตอรี่

ข้อสรุปใดถูกต้อง

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 2 และ 4

ค. ข้อ 1 2 และ 3 ง. ข้อ 1 2 และ 4

32. ปฏิกิริยาใดเกิดขึ้นที่แคโทดในเซลล์แยกน้ำด้วยไฟฟ้า เมื่อใช้สารละลายเบสเป็นอิเล็กโทรไลต์

ก. $4OH^-(aq) + 4e^- \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O$ ข. $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

ค. $2H_2O + 2e^- \longrightarrow O_2(g) + 2H^+(aq)$ ง. $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

33. ข้อใดคือสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการแยกทองแดง

ก. $CuSO_4$, H_2SO_4 ข. $CuSO_4$, NaOH

ข. ค. $ZnSO_4$, H_2SO_4 ง. $ZnSO_4$, NaOH

จุดประสงค์การเรียนรู้

9 .ทดลอง อธิบาย ปฏิกิริยาการผุกร่อนของโลหะ และการป้องกันได้

34.ข้อใด**ไม่ใช่**ปัจจัยที่ทำให้เหล็กเกิดสนิม

ก. O_2 ข.H_2O ค.CO_2 ง. ความร้อน

35.ถ้าต้องการป้องกันไม่ให้ตะปูเกิดสนิมข้อใด**ไม่ควร**ปฏิบัติตาม

ก. เคลือบผิวด้วยสีหรือวาสลีน ข. ใช้ลวดแมกนีเซียมพัน

ข. ใช้ลวดทองแดงพัน ง. วางไว้เฉยๆ

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 36-37

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์	E° (V)
$A^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow A$	a
$B^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow B$	b
$C^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow C$	c
$D^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow D$	d
$Fe^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Fe$	e

I. ถ้านำโลหะ A มาพันด้วยโลหะ B A จะป้องกันไม่ให้ B ผุกร่อน

II. ถ้านำโลหะ B มาพันด้วยโลหะ C B จะเป็นตัวรีดิวซ์

III. ถ้านำโลหะ C มาพันด้วยโลหะ D D^{2+}จะเป็นตัวออกซิไดส์

36. การป้องกันไม่ให้ C ผุกร่อนต้องทำดังนี้

ก. พันด้วย A หรือ B ข. พันด้วย D

ค. พันด้วย A หรือ C ง. พันด้วย A หรือ D

37. นำโลหะ A, B, C และ D มาพันด้วยตะปูเหล็ก แล้วนำใส่ชามกระเบื้อง 4 ใบแยกกันซึ่งแต่ละใบมีสารละลายผสมวุ้น$K_3Fe(CN)_6$และฟีนอล์ฟทาลีน ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ได้ผลคือ

1. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย A มีสารสีชมพูเข้ม
2. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย B มีสารสีชมพู
3. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย C มีสารสีเขียวปนน้ำเงินเล็กน้อย
4. รอบ ๆ ตะปูเหล็กที่พันด้วย D มีสารสีเขียวปนน้ำเงินเข้มมาก

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ $Fe^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Fe$ ควรมีค่า E°อยู่ระหว่างช่วงใด

ก. aกับ b ข. c กับ b ค. c กับ d ง. ไม่อยู่ระหว่างค่าเหล่านี้

38. การผุกร่อนของโลหะจะเกิดขึ้นดังในข้อใดเมื่อโลหะคู่หนึ่งคู่ใดอยู่ด้วยกัน(ใช้ค่า E^{O}ในตาราง)

ก. เหล็กกับดีบุก, ดีบุกผุก่อน ข. อะลูมิเนียมกับโครเมียม, โครเมียมผุก่อน

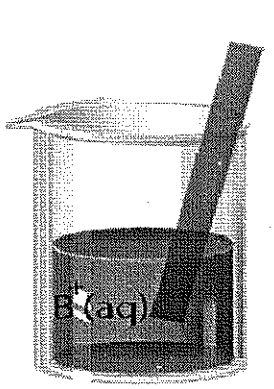
ค. เหล็กกับโครเมียม, เหล็กผุก่อน ง. อะลูมิเนียมกับดีบุก, อะลูมิเนียมผุก่อน

39. กำหนดตาราง E° ของโลหะ A และ B ดังนี้

$A^{3+}(Aq) + 3e^- \text{ -------> } A(s)$ $E^O = -1.66$ โวลต์

$B^{2+}(aq) + 2e^- \text{ -------> } B(s)$ $E^O = -0.13$ โวลต์

เมื่อจุ่มโลหะ A ในสารละลาย B(II) ไนเตรตดังรูปแล้วปล่อยทิ้งไว้



1. เกิดโลหะ B เกาะที่แผ่นโลหะ A

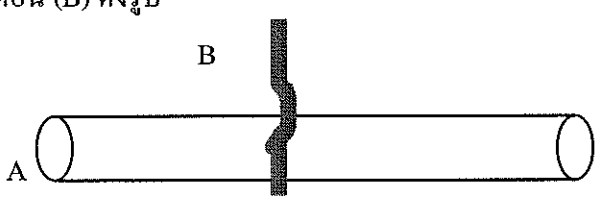
2. สมการไอออนิกคือ $2A(s)+3B^{2+}(aq) \text{----------> } 2A^{3+}(aq) + 3B(s)$

3. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์= +1.79 โวลต์

จากข้อมูลที่กำหนดให้ข้อความใดถูกต้อง

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3 ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 1 2 และ 3

40. การป้องกันการผุกร่อนของอุโมงค์หรือท่อเหล็กใต้ดินกระทำโดยการต่อท่อเหล็ก (A) เข้ากับสารชนิดอื่น (B) ดังรูป



ข้อความใดต่อไปนี้ผิด

ก. โลหะ A เป็นตัวรีดิวซ์ที่ยากกว่า B

ข. เมื่อเวลาผ่านไปมวลของ B อาจลดลง

ค. A ทำหน้าที่เป็นขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน

ง. B ให้อิเล็กตรอนได้ง่ายกว่า AB จึงทำหน้าที่เป็นแอโนด

ภาคผนวก จ

แบบประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. ในการประเมินนักเรียนแต่ละกลุ่ม ใช้ผู้ประเมิน 3 ท่าน ในการสังเกตและให้คะแนน
2. การให้คะแนนแต่ละข้อมีระดับคะแนนเป็น 3, 2, 1 และ 0 ซึ่งผู้ประเมินต้องพิจารณาพฤติกรรมแต่ละขั้นตอน แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในแต่ละขั้นตอนที่แนบมาพร้อมกับแบบประเมิน
3. ทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องให้คะแนนแต่ละข้อ ตามระดับพฤติกรรมที่สังเกตว่าตรงกับเกณฑ์ที่กำหนด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	คะแนน				หมายเหตุ
	3	2	1	0	
1. การสังเกต					
2. การวัด					
3. การคำนวณ					
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา					
5. การลงความเห็นจากข้อมูล					
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล					
7. การทำนาย					
8. การควบคุมตัวแปร					
9. การตั้งสมมติฐาน					
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ					
11. การทดลอง					
11.1 การออกแบบการทดลอง					
11.2 การทดลอง					
11.3 การรายงานผลการทดลอง					
12. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป					

ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต--อธิบาย(POE)เรื่องไฟฟ้าเคมี

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย(POE) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ POE เรื่องไฟฟ้าเคมีจำนวน 15 ข้อ
2. ให้นักเรียนพิจารณาว่าพฤติกรรมต่อไปนี้ นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับใด แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องของระดับความพึงพอใจ ซึ่งประกอบด้วย 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง พอใจมากที่สุด
4 หมายถึง พอใจมาก
3 หมายถึง พอใจปานกลาง
2 หมายถึง พอใจน้อย
1 หมายถึง พอใจน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1.นักเรียนชอบการเรียนด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)					
2.นักเรียนพบว่าการเรียนปฏิบัติการเคมีโดยทำการทดลองตามที่ต้องวางแผนการทดลองเองน่าสนใจและได้ความรู้มากกว่าการทำการทดลองตามหนังสือหรือวิธีการที่ครูให้มา					
3. นักเรียนพบว่าการใช้วิธีการเรียนรู้นี้ช่วยให้มีความรับผิดชอบในการเรียนมากขึ้น					
4.นักเรียนรู้สึกภูมิใจที่ได้เป็นผู้ออกแบบการทดลองและสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้แม้ผลการทดลองจะตรงหรือไม่ตรงกับที่ข้าพเจ้าทำนายไว้ก็ตาม					
5. เมื่อเรียนด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)ทำให้นักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรและวางแผนการทดลองได้ถูกต้อง					
6. เมื่อเรียนด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเองได้					
7. เมื่อเรียนด้วยรูปแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองที่เกิดขึ้นและสรุปผลการทดลองได้					
8.การเรียนด้วยรูปแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา					

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
มากขึ้น					
9.นักเรียนต้องการให้มีการเรียนการสอนที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)ในรายวิชาอื่นๆอีก					
10.นักเรียนพอใจกับการเรียนรู้เป็นกลุ่มตามที่ครูจัดให้					
11.การเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น					
12.นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้แบบ POE					
13.ครูให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนไม่สามารถออกแบบการทดลองได้					
14.ครูใช้คำถามกระตุ้นแทนการบอกให้ทำในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์					
15.ครูคอยอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนี้					

ความคิดเห็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อรูปแบบการจักการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

1. สิ่งที่ชอบ

   .....

   .....

   .....

2. สิ่งที่ไม่ชอบ

   .....

   .....

   .....

3. สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุง

   .....

   .....

   .....

ภาคผนวก ช
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ และการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

รายชื่อผู้ร่วมทดลอง(ผู้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

1. นางสาวไก่นภา ทวีพันธ์ ตำแหน่ง บุคลากรผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ (เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี

2. นางสาวเกษร อินออง ตำแหน่ง บุคลากรผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ (พี่เลี้ยงนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี(สาขาเคมี)) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี

3. นายวรวุฒิ สิงสีทา ตำแหน่ง นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู รายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการหาความเที่ยงของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. นางเสาวนีย์ ก้อนทอง ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
   รายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

2. นายประจวบ เอื้อสันเทียะ ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
   รายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

3. นางศิริณี สีสุวะ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ
   รายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการหาความเที่ยงแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. นายสุนทร หอมนวล ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ
   รายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

2. นายสายันต์ โสดาจันทร์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
   รายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

3. นายนราธิป ประสมบูรณ์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
   รายวิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการหาความเที่ยงแบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. นายวิชาญ ดาผา ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
   รายวิชาฟิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

2. นางสาว ดรรชนี ศรีธัญรัตน์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ
   รายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

3. นางประทิน เสรีรัฐ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ
   รายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล อำเภอตระการพืชผล
   จังหวัดอุบลราชธานี

การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

ตารางที่ ช.1 ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	ใช้ได้
3	1	1	1	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	ใช้ได้
7	1	1	1	1	ใช้ได้
8	1	1	1	1	ใช้ได้
9	1	1	1	1	ใช้ได้
10	1	1	1	1	ใช้ได้
11	1	1	1	1	ใช้ได้
12	1	1	1	1	ใช้ได้
13	1	1	1	1	ใช้ได้
14	1	1	1	1	ใช้ได้
15	1	1	1	1	ใช้ได้
16	1	1	1	1	ใช้ได้
17	1	1	1	1	ใช้ได้
18	1	1	1	1	ใช้ได้
19	1	1	1	1	ใช้ได้
20	1	1	1	1	ใช้ได้

ตารางที่ ช.1 ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
21	1	1	1	1	ใช้ได้
22	1	1	1	1	ใช้ได้
23	1	1	1	1	ใช้ได้
24	1	1	1	1	ใช้ได้
25	1	1	1	1	ใช้ได้
26	1	1	1	1	ใช้ได้
27	1	1	1	1	ใช้ได้
28	1	1	1	1	ใช้ได้
29	1	1	1	1	ใช้ได้
30	1	1	1	1	ใช้ได้
31	1	1	1	1	ใช้ได้
32	1	1	1	1	ใช้ได้
33	1	1	1	1	ใช้ได้
34	1	1	1	1	ใช้ได้
55	1	1	1	1	ใช้ได้
36	1	1	1	1	ใช้ได้
37	1	1	1	1	ใช้ได้
38	1	1	1	1	ใช้ได้
39	1	1	1	1	ใช้ได้
40	1	1	1	1	ใช้ได้

การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

ตารางที่ ช.2 ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ทักษะ	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
1. การสังเกต	1	1	1	1	ใช้ได้
2. การวัด	1	1	1	1	ใช้ได้
3. การคำนวณ	1	1	1	1	ใช้ได้
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา	1	1	1	1	ใช้ได้
5. การลงความเห็นจากข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
7. การทำนาย	1	1	1	1	ใช้ได้
8. การควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	ใช้ได้
9. การตั้งสมมติฐาน	1	0	1	0.67	ใช้ได้
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1	1	1	1	ใช้ได้
11. การทดลอง	1	1	1	1	ใช้ได้
12. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1	1	1	1	ใช้ได้

ตารางที่ ช.3 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจการจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

ข้อที่	p	R	ข้อที่	p	r
1	0.80	0.49	**21**	0.80	0.42
2	0.67	0.37	**22**	0.60	0.50
3	0.73	0.43	**23**	0.70	0.47
4	0.67	0.47	**24**	0.40	0.57
5	0.80	0.43	**25**	0.63	0.41
6	0.73	0.51	**26**	0.77	0.37
7	0.57	0.18**	**27**	0.50	0.51
8	0.53	0.59	**28**	0.73	0.38
9	0.77	0.49	**29**	0.80	0.53
10	0.73	0.38	**30**	0.60	0.31
11	0.73	0.57	**31**	0.67	0.41
12	0.67	0.42	**32**	0.73	0.44
13	0.87*	0.38	**33**	0.67	0.37
14	0.67	0.39	**34**	0.67	0.40
15	0.77	0.60	**35**	0.73	0.40
16	0.77	0.47	**36**	0.63	0.23
17	0.53	0.38	**37**	0.47	0.19**
18	0.67	0.39	**38**	0.60	0.46
19	0.73	0.37	**39**	0.77	0.33
20	0.77	0.49	**40**	0.70	0.44

* เป็นข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายไม่เป็นไปตามเกณฑ์ คือ มีค่าสูงกว่า 0.80 ข้อสอบง่ายมาก

** เป็นข้อสอบที่มีค่าอำนาจการจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ คือ มีค่าต่ำกว่า 0.20 กลุ่มสูงทำไม่ได้ แต่กลุ่มต่ำทำได้ ไม่ควรนำมาใช้วัด

การหาค่าความเชื่อมั่นของของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี โดยใช้สูตร KR-20ของ Kuder–Richardson

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left\{1-\frac{\sum pq}{s_t^2}\right\}$$

$$= \frac{30}{30-1}\left\{1-\frac{8.26}{80.10}\right\}$$

$$= 1.03\ (1-0.10)$$

$$= 1.03 \times 0.90$$

$$= 0.93$$

ภาคผนวก ซ
คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง ซ. 1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต – อธิบาย (POE)

คนที่	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	ปฏิกิริยารีดอกซ์(8)	เซลล์กัลป์วานิกส์ (15)	เซลล์อิเล็กโทรไลต์(10)	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมี(7)	รวม (40)	ปฏิกิริยารีดอกซ์(8)	เซลล์กัลป์วานิกส์ (15)	เซลล์อิเล็กโทรไลต์(10)	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมี(7)	รวม (40)
1	2	4	3	2	11	5	12	6	4	27
2	5	8	6	4	23	8	14	10	6	38
3	3	4	2	2	11	4	9	7	5	25
4	4	5	3	2	14	4	9	7	2	22
5	3	4	4	2	13	4	7	7	4	22
6	3	4	3	2	12	6	9	7	4	26
7	5	9	3	1	18	7	13	9	5	34
8	2	5	3	2	12	5	8	6	4	23
9	4	5	3	3	15	5	10	6	4	25
10	4	6	5	2	17	5	9	8	4	26
11	2	5	3	2	12	5	9	7	4	25
12	4	4	5	2	15	5	9	8	4	26
13	2	4	4	1	11	5	8	8	2	23
14	4	5	3	2	14	5	11	8	5	29
15	3	5	5	2	15	5	11	7	4	27
16	3	6	5	2	16	6	12	8	4	30
17	3	5	3	1	12	6	10	6	4	26
18	1	4	4	3	12	3	10	7	4	24
19	6	5	4	3	18	8	13	9	6	36

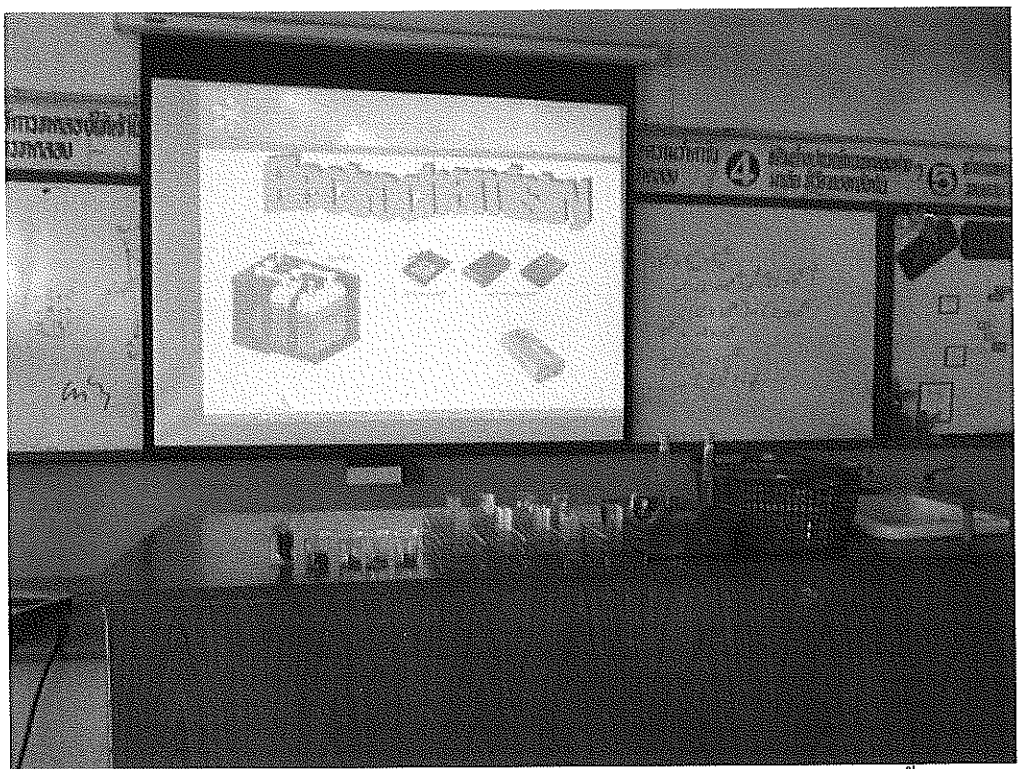
ตาราง ซ. 1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	ปฏิกิริยารีดอกซ์ (8)	เซลล์กัลป์วานิกส์ (15)	เซลล์อิเล็กโทรไลต์(10)	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมี (7)	รวม (40)	ปฏิกิริยารีดอกซ์ (8)	เซลล์กัลป์วานิกส์ (15)	เซลล์อิเล็กโทรไลต์(10)	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมี (7)	รวม (40)
20	4	8	5	1	18	5	13	9	4	31
21	3	4	5	3	15	6	10	8	4	28
22	3	5	6	3	17	5	8	8	5	26
23	2	6	4	2	14	2	9	7	3	21
24	4	5	3	3	15	6	10	6	5	27
25	4	6	6	3	19	7	14	10	6	37
26	3	1	2	3	9	3	7	8	3	21
27	2	4	2	2	10	3	9	8	4	24
28	4	6	5	3	18	5	13	9	5	32
29	4	7	4	2	17	5	10	7	3	25
30	5	6	5	3	19	8	15	10	6	39
31	3	5	2	2	12	5	12	8	4	29
32	4	8	4	3	19	7	13	10	6	36
33	3	4	4	2	13	5	13	10	6	34
34	2	5	3	2	12	4	9	7	5	25
35	3	3	2	3	11	4	8	5	4	21
36	2	3	5	2	12	4	9	8	6	27
37	4	4	3	2	13	5	9	9	4	27
38	3	5	3	3	14	6	14	10	5	35

ตาราง ซ. 1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย(POE) (ต่อ)

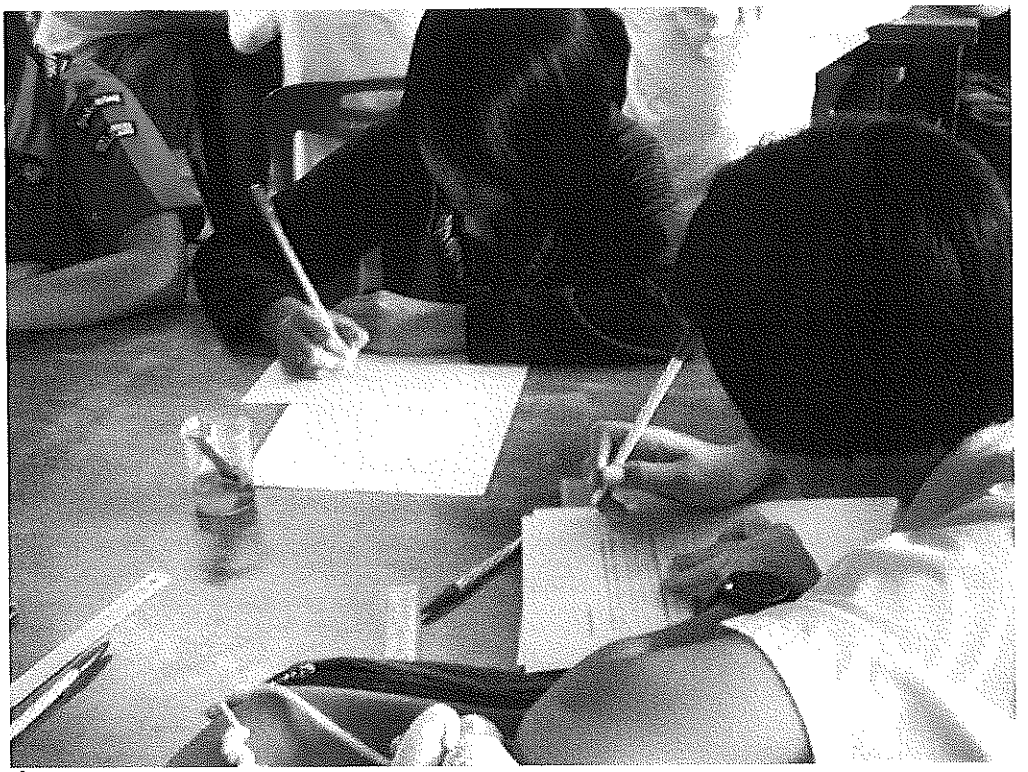
คนที่	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	ปฏิกิริยารีดอกซ์ (8)	เซลล์กัลป์วานิกส์ (15)	เซลล์อิเล็กโทรไลต์(10)	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมี (7)	รวม (40)	ปฏิกิริยารีดอกซ์ (8)	เซลล์กัลป์วานิกส์ (15)	เซลล์อิเล็กโทรไลต์(10)	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไฟฟ้าเคมี (7)	รวม (40)
39	3	5	2	2	12	4	13	8	4	29
40	3	2	4	2	11	4	9	7	3	23
41	5	7	3	3	18	7	15	9	6	37
42	3	2	1	1	7	4	10	2	3	19
43	3	3	1	2	9	4	10	6	4	24
44	3	6	3	0	12	4	6	6	4	20
45	6	7	7	4	24	8	15	10	7	40
46	4	7	7	2	20	5	14	9	6	34
47	4	6	3	2	15	6	13	7	5	31

ภาคผนวก ญ
ภาพประกอบ

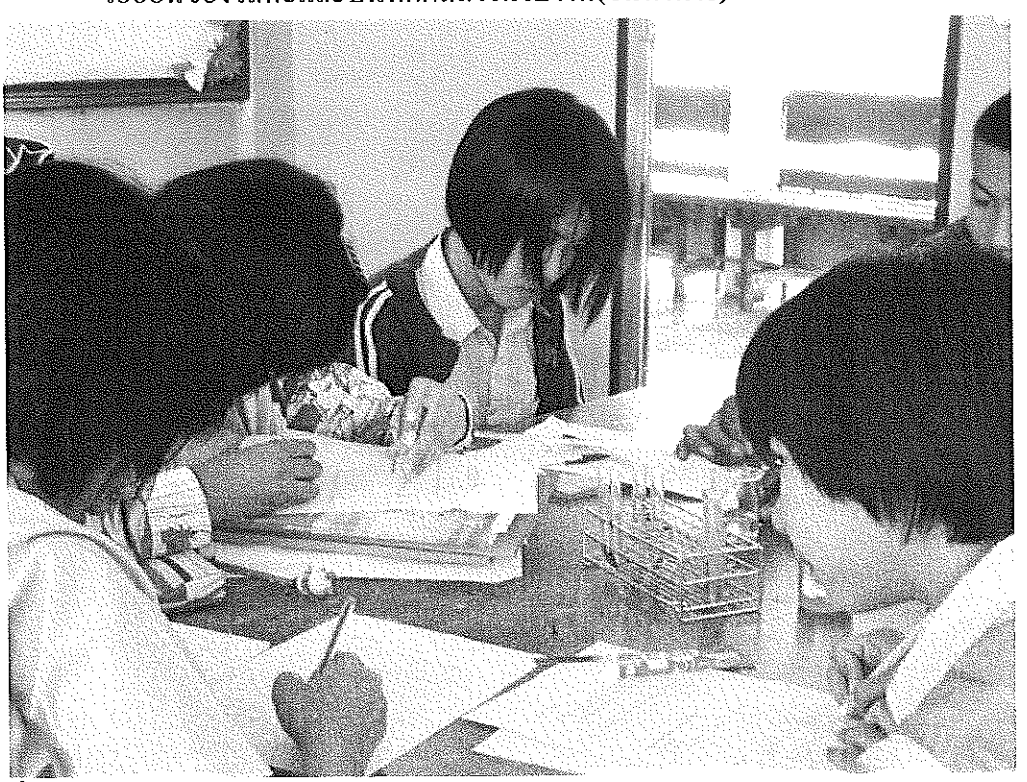


ภาพที่ ญ.1ครูนำเสนอสถานการณ์หรือการทดลองให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง (ขั้นทำนาย)

ภาพที่ ญ.2ครูจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองเพื่อให้นักเรียนทำการทดลอง (ขั้นทำนาย)

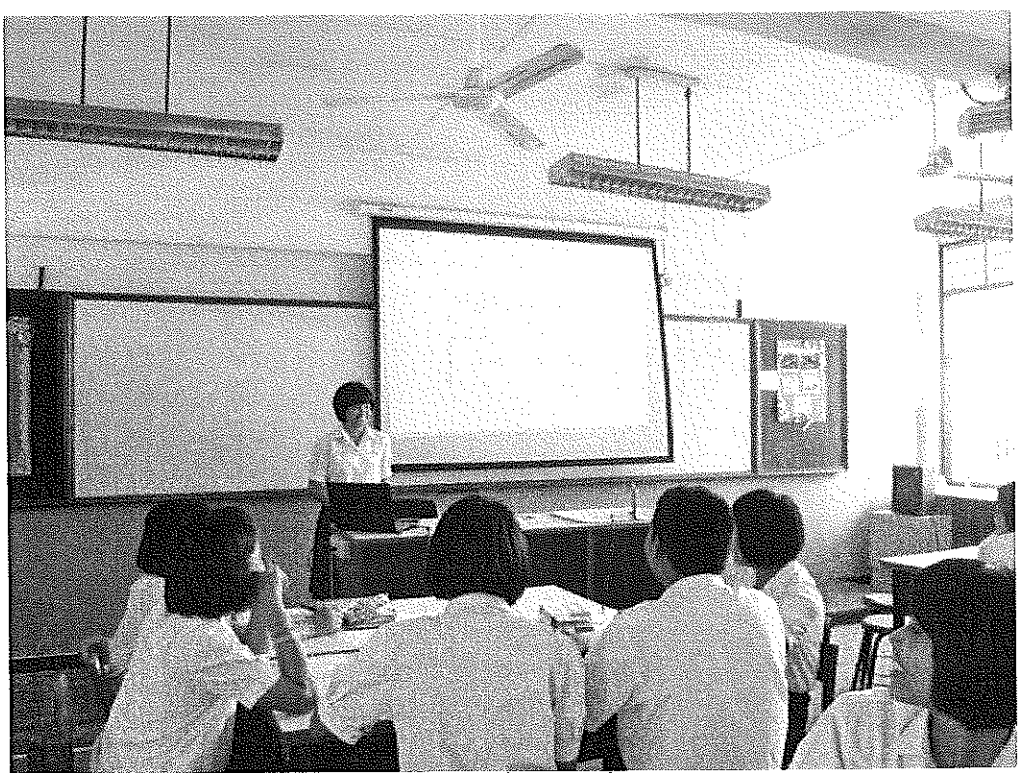


ภาพที่ ญ.3นักเรียนทำนายผลการทดลองในการทดลองปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับสารละลายไอออนของโลหะและบันทึกผลลงในใบงาน(ขั้นทำนาย)



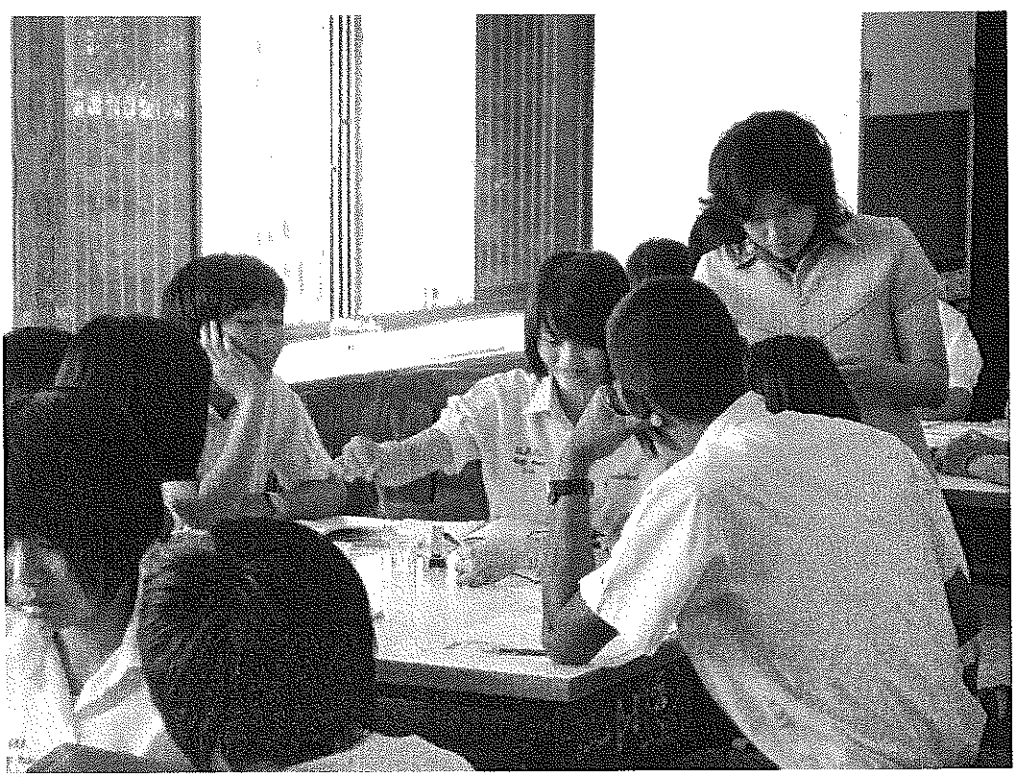
ภาพที่ ญ.4นักเรียนทำการทดลองปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับสารละลายไอออนของโลหะและบันทึกผลลงในใบงาน(ขั้นสังเกต)

ภาพที่ ญ.5นักเรียนทำการทดลองสร้างเซลล์กัลป์วานิกและบันทึกผลลงในใบงาน (ขั้นสังเกต)



ภาพที่ ญ.6ตัวแทนกลุ่มนำเสนอการทดลองหน้าชั้นเรียน(ขั้นอธิบาย)

ภาพที่ ญ.7ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง(ขั้นอธิบาย)



ภาพที่ ญ.8ผู้ร่วมวิจัยสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลอง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวอุบลวรรณ ไท้ทอง
ประวัติการศึกษา	ระดับอุดมศึกษา ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิชา เคมี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2551
	โรงเรียนขุมคำวิทยาคาร
	อำเภอกุดข้าวปุ้น จังหวัดอุบลราชธานี
	พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน
	โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล
	อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ครู ค.ศ. 1
	โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล
	อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี
	โทรศัพท์ 083-934-4798
	Email; ubon.thai@gmail.com