การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

วิทยานิพนธ์

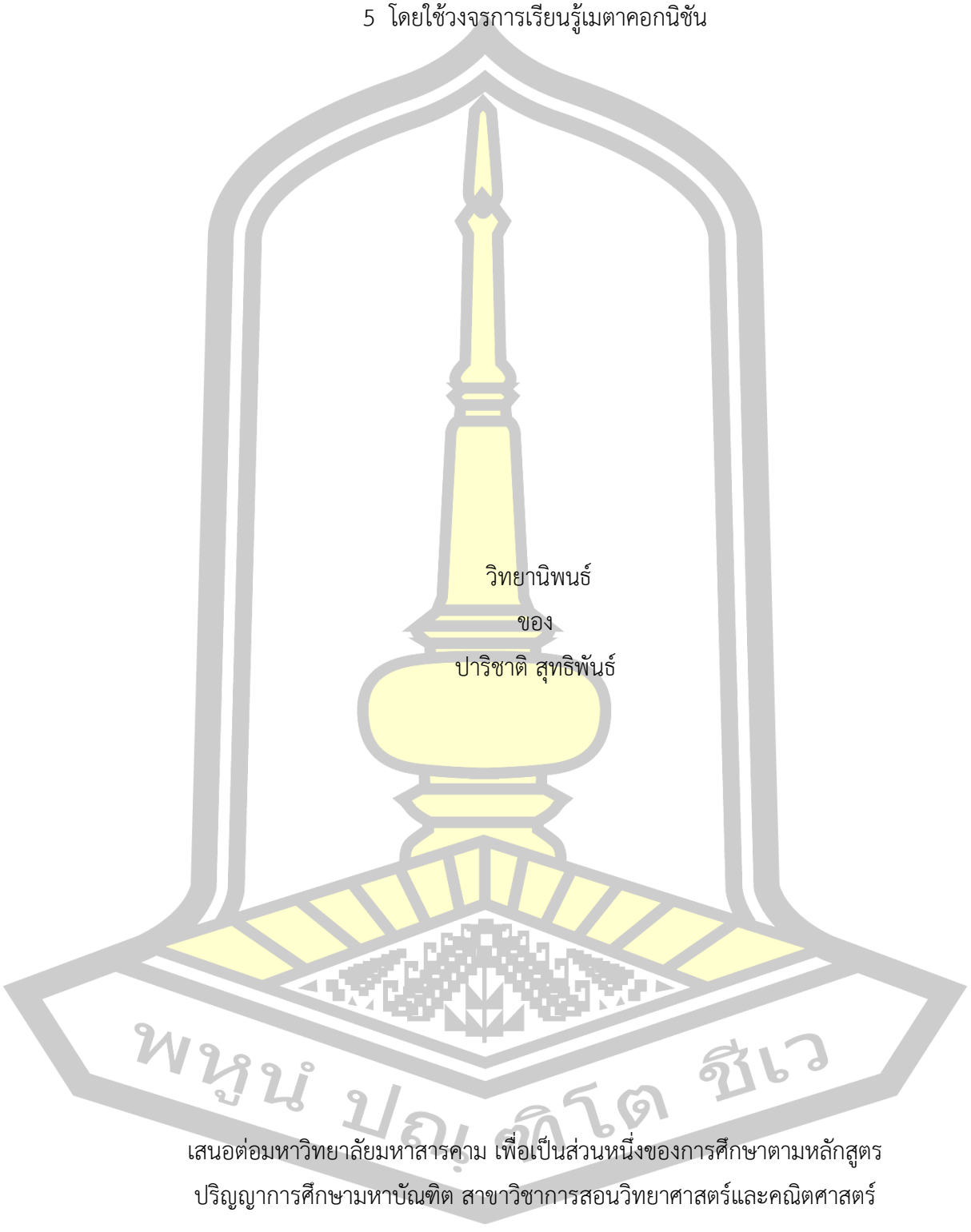
ของ

ปาริชาติ สุทธิพันธ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มกราคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน



วิทยานิพนธ์

ของ

ปาริชาติ สุทธิพันธ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มกราคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Scientific Concept on Electrochemical Cell of Mathayomsuksa 5 Students by Using Metacognitive Learning Cycle

Parichat Sutthiphan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

January 2021

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อ. ดร. มังกร ศรีสะอาด)

.....กรรมการ
(อ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

ผู้วิจัย ปาริชาติ สุทธิพันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ให้มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 35 คน โรงเรียนวาปีปทุม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง โดยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดำเนินการวิจัยทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ ประกอบด้วย วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก แผนภาพเซลล์กัลวานิก ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและการแยกสลายด้วยไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน จำนวน 7 แผน 2) แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม จำนวน 14 ข้อ 3) แบบสังเกตพฤติกรรม และ 4) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และใช้ข้อมูลจากแบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์นักเรียนในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 68.57 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.43 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันในขั้นสำรวจค้นหามโนมติ

พบว่านักเรียนเป็นผู้ดำเนินการสำรวจและค้นหามโนมติผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาได้อย่างลึกซึ้ง และนักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อค้นหามโนมติ รวมทั้งตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติที่ได้หลังจากทำการศึกษาในขั้นสำรวจค้นหามโมติ และนักเรียนได้ทำการแก้ไขมโนมติที่ยังคลาดเคลื่อนอยู่ให้เป็นมโนมติที่ถูกต้อง ส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : มโนมติทางวิทยาศาสตร์, ความเข้าใจระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์, วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE The Development of Scientific Concept on Electrochemical Cell of Mathayomsuksa 5 Students by Using Metacognitive Learning Cycle

AUTHOR Parichat Sutthiphan

ADVISORS Mangkon Srisa-ard , Ph.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2021

ABSTRACT

The purpose of this research aims to develop scientific concepts on electrochemical cell of Mathayomsuksa 5 students by using Metacognitive learning cycle, to achieve complete understanding or partial understanding level. The target group was 35 students in Mathayomsuksa 5/ 10 students of Wapipathum School, Thailand, studied in the second semester of the academic year 2019. The purposive sampling was used to select the target group. Action Research was used in this research which consists of 3 cycles as follows: the first cycle consisted of galvanic cell, cell diagram for galvanic cell, cell potential and standard electrode potential, the second cycle consisted of electrolytic cell and calculating standard cell potential of electrolytic cell, and the third cycle consisted of electroplating and electrolysis. The research instruments were: 1) 7 lesson plans of Metacognitive learning cycle; 2) the multiple- choice test with rational explanation containing 14 questions of the electrochemical cell and; 3) the observation form; and 4) the semi- structured interview. The collected data were analyzed by using percentage and mean. Moreover, the qualitative data were analyzed by using data from observation form and semi-construction interview.

The research presented that in the first cycle, 13 students (37.14%) had scientific concepts understanding on complete understanding or partial understanding levels. In the second cycle, 24 students (68.57%) passed the level of

scientific concept understanding on complete understanding or partial understanding levels. In the third cycle, 32 students (91.43%) achieved complete understanding or partial understanding levels. In the concept exploration phase of metacognitive learning cycle, students explored the concept by themselves through experiments which encouraged them to have a deep understanding. They presented their science ideas by answering the questions before instruction begins, and also presented their concept that they constructed in the concept exploration phase. After reflecting on the concept, students changed their misconception to occur in scientific understanding.

Keyword : scientific concepts, scientific concepts understanding level, Metacognitive learning cycle

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ ดร.มังกร ศรีสะอาด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำในการดำเนินการวิจัยและตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง และอาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ กรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ ตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด, ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ, นายสิทธิชัย วาลมูลตรี, นางสุคนธา โคตรโสภา และนางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจเครื่องมือการวิจัยและได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะครูโรงเรียนวาปีปทุมทุกท่าน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 ปีการศึกษา 2562 ทุกคนที่ให้กำลังใจส่งเสริมและช่วยให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดหลักสูตร และทุนการศึกษาในการทำวิจัยสำหรับนิสิตในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

ขอขอบพระคุณ ผู้วิจัยและผู้เขียนทุกท่านที่ใช้อ้างอิงในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนเป็นแรงผลักดันและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ให้การศึกษา อบรมสั่งสอน ให้มีสติปัญญาและคุณธรรมเป็นเครื่องชี้นำการดำเนินชีวิตที่ดีงาม

ปาริชาติ สุทธิพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

บริบทของโรงเรียนและโครงสร้างหลักสูตร 9

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ 15

มโนมติและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 23

ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 39

การจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน 46

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 55

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60

กลุ่มเป้าหมาย 60

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 63

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 67
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 68
การเก็บรวบรวมข้อมูล 85
การวิเคราะห์ข้อมูล 86
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 88
ผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 88
ผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 111
ผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 125
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 140
ความมุ่งหมายของการวิจัย 140
สรุปผล 140
อภิปรายผล 141
ข้อเสนอแนะ 148
บรรณานุกรม 150
ภาคผนวก 163
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ และหนังสือราชการ 164
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน 174
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 194
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์นักเรียน 199
ภาคผนวก จ การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 201
ประวัติผู้เขียน 228

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาเคมี 4 รหัสวิชา ว 30224 13

ตาราง 2 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน 53

ตาราง 3 ระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 61

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 62

ตาราง 5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 66

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง 78

ตาราง 7 คำถามจากการสัมภาษณ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ 86

ตาราง 8 ตารางแสดงคะแนนและระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 90

ตาราง 9 จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ... 92

ตาราง 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 94

ตาราง 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 2 คือ แผนภาพเซลล์กัลวานิก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 97

ตาราง 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 3 คือ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 100

ตาราง 13 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 109

ตาราง 14 ตารางแสดงคะแนนและระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 113

ตาราง 15 จำนวนและร้อยละนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติในวงจรปฏิบัติการที่ 2 114

ตาราง 16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 116

ตาราง 17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 5 คือ ค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 118

ตาราง 18 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 125

ตาราง 19 ตารางแสดงคะแนนและระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 127

ตาราง 20 จำนวนและร้อยละนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติในวงจรปฏิบัติการที่ 3 128

ตาราง 21 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 6 คือ การชุบด้วยโลหะ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 130

ตาราง 22 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 7 คือ การแยกสลายด้วยไฟฟ้า ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 132

ตาราง 23 สรุปผลจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ... 138

ตาราง 24 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก 204

ตาราง 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก 205

ตาราง 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ 206

ตาราง 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ 207

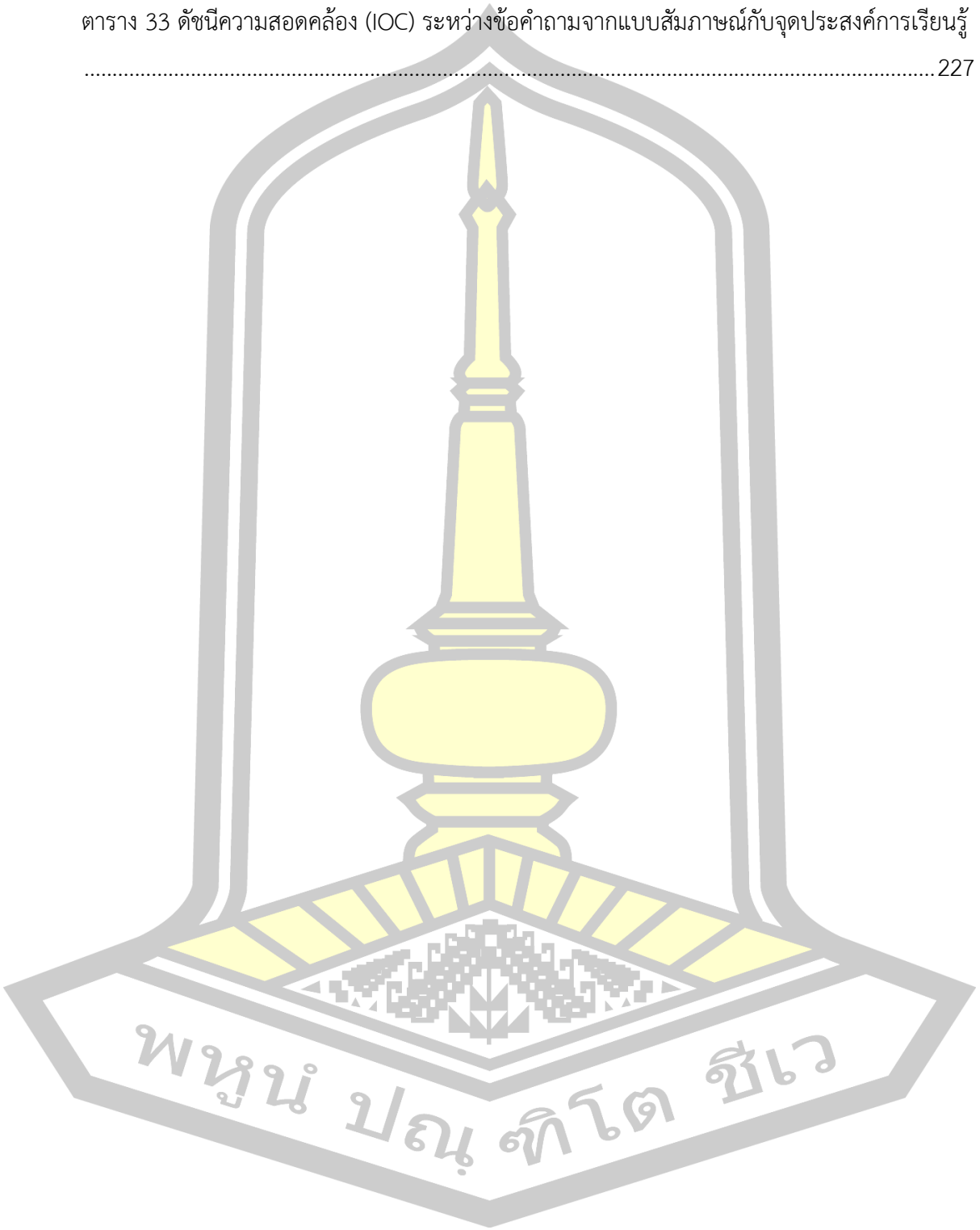
ตาราง 28 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ 208

ตาราง 29 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 209

ตาราง 30 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า 210

ตาราง 31 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 225

ตาราง 32 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 226
ตาราง 33 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามจากแบบสัมภาษณ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้
.....227



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Lisa M Blank, 2000: 489) 49

ภาพที่ 2 ลำดับการดำเนินการวิจัย 67

ภาพที่ 3 พัฒนาการของร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ แต่ละวงจรปฏิบัติการ 138

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องในการดำรงชีวิตประจำวัน เครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจนผลผลิตต่างๆ ที่ใช้อำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานล้วนเป็นผลจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ร่วมกับความคิดสร้างสรรค์และความรู้จากศาสตร์อื่นๆ ซึ่งวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดองค์ความรู้ และความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติมีผลทำให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยี ในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญในการสนับสนุนให้การศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อไปอย่างไม่สิ้นสุด (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560: 30) การได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งนอกจากทำให้มีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นแล้ว วิทยาศาสตร์ยังทำให้คนได้พัฒนาการคิด ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ เพื่อให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551: 1)

เคมีถือเป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ มีความเกี่ยวกับธรรมชาติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร (Coll, 2008) เป็นวิชาวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องและสำคัญกับชีวิตประจำวันของคนเราในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก เช่น ด้านอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ ที่จำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน ล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่อาศัยความรู้ และหลักการของวิชาเคมี ซึ่งในปัจจุบันความรู้หลักการของวิชาเคมีก็ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภทด้วย แต่เนื้อหาส่วนใหญ่ในวิชาเคมีถือเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ เพราะนักเรียนมักมีปัญหาในการมองเห็นภาพในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชาเคมี (Thiele, 1991) ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) กล่าวว่านักเรียนแต่ละคนต่างตีความหมายสิ่งที่ตนเองรับรู้ในลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละบุคคล บ่อยครั้งที่พบว่าแนวคิดดังกล่าวขัดแย้งกับแนวคิดที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้องค์ความรู้ใหม่ๆที่ถูกต้อง ดังนั้นในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ครูผู้สอนจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องค้นหาวิธีการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อดึงเอาความคิดหรือความเข้าใจของผู้เรียนออกมา และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง สามารถที่จะนำความรู้ไป

ประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่หลากหลายให้เกิดเป็นความรู้แบบองค์รวมได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) สำหรับเนื้อหาในเรื่อง ไฟฟ้าเคมี เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า และการผ่านกระแสฟ้าเข้าไปในสารเคมีเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างสาร หลักการทางไฟฟ้าเคมีสามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในการผลิตกระแสฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการต่างๆ อีกด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนั้นเรื่องไฟฟ้าเคมี จึงมีความสำคัญและถูกจัดให้เป็นหน่วยการเรียนรู้หนึ่งในรายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับแก้ไข 2560) โดยจากการศึกษาเนื้อหาในเรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่าเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม สามารถทำให้เกิดความเข้าใจผิดหรือเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นการท่องจำเนื้อหาความรู้ โดยเฉพาะในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ยาก หรือเนื้อหาที่เป็นนามธรรม มีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ ปัญหาและกระบวนการสอนดังกล่าวเป็นอุปสรรคอย่างมากต่อการทำความเข้าใจมโนมติ และทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดหรือเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย ในการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าเคมี เรื่อง เลขออกซิเดชัน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่อยู่ในการควบคุมดูแลของผู้วิจัย มีคะแนนการทำแบบทดสอบหลังเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จึงได้สัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองว่าเนื้อหาที่เรียนค่อนข้างเป็นนามธรรม มีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนซึ่งเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น เนื้อหามีความซับซ้อนทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมี เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตามขอบเขตเนื้อหารายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบตามแนวทางของ Osborne และ Freyberg (1988) จำนวน 5 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.47-0.75 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.39-0.68 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 (นฤดล บรรจง, 2557) พบว่านักเรียนจำนวน 35 คน ขาดความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ นักเรียนบางคนมีความเข้าใจมโนมติระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในบางมโนมติ คิดเป็นร้อยละ 9.71 แต่พบว่ามโนมติทั้งหมดของนักเรียน ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความไม่เข้าใจ คิดเป็นร้อยละ 26.29 ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 38.29 ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 24.71 ชี้ให้เห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเร่งพัฒนาและวางแผนการจัดการกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนในการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อมุ่งส่งเสริมผู้เรียนให้มี

มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หากนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน เมื่อถูกนำไปใช้ในหัวข้อใหม่ที่เชื่อมโยงความรู้ซึ่งกันและกันจะเกิดอุปสรรคในการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มสมรรถนะได้ และนักเรียนไม่สามารถการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อตอบคำถามและอธิบายปรากฏการณ์ในการเรียนและในชีวิตประจำวันได้ จึงสามารถส่งผลให้เกิดการมีเจตคติที่ไม่ดีต่อรายวิชาเคมี และนักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนน้อยลง เมื่อความสนใจและความกระตือรือร้นในการเรียนของนักเรียนลดน้อยลง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมีของนักเรียนต่ำไปด้วย จากการศึกษาเพิ่มเติมในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ในงานวิจัยของธิชานันท์ บุตรวิเศษ (2555) มโนมติที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า การเขียนแผนภาพเซลล์กัลป์วานิก และเซลล์กัลวานิก คิดเป็นร้อยละ 34.88, 34.88 และ 32.56 ตามลำดับ และในงานวิจัยของนฤดล บรรจง (2557) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลต์ และเซลล์กัลวานิก คิดเป็นร้อยละโดยเฉลี่ยเท่ากับ 99.17 และ 92.50 ตามลำดับ จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ มีมโนมติในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีอยู่ในระดับคลาดเคลื่อนมากที่สุด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

ในการจัดการเรียนการสอนจึงมีผู้พยายามศึกษาหาแนวคิด และวิธีการสอนแบบต่างๆ มาใช้โดยมุ่งหวังที่จะเพื่อพัฒนาให้นักเรียนให้มีมโนมติในระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้คือ ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติตามแนวคิดของโพสเนอร์ (Posner, et al., 1982) ที่ประกอบไปด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ 4 เงื่อนไข ได้แก่ 1) นักเรียนจะต้องเกิดความไม่พึงพอใจและคลายความเชื่อต่อมโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่ (Dissatisfaction) 2) นักเรียนจะต้องสามารถเข้าใจมโนมติใหม่นั้นได้ง่าย (Intelligible) 3) นักเรียนจะต้องมองเห็นว่ามีโนมติใหม่นั้นมีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) และ 4) มโนมติใหม่นั้นมีประโยชน์ (Fruitful) ต่อนักเรียนในบริบทอื่น จากแนวคิดของโพสเนอร์ดังกล่าว พบว่ามีนักการศึกษานำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอน เช่น รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนมติของ Kural และ KocaKulah (2016 อ้างถึงใน พรณิชา พรหมเสนา, 2560) รูปแบบการสอนด้านพุทธิพิสัยและด้านจิตพิสัยของการเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Cognitive Affective Model of Conceptual Change, CAMCC) (Gregoire, 2003) และวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle, MLC) (Blank,2000) จากการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขของทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติของโพสเนอร์ เป็นรูปแบบวงจรการเรียนรู้ซึ่งมีข้อดีคือ ช่วยให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Lawson, 1995) และช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ

วิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น และสามารถประยุกต์ความรู้ที่เรียนรู้ได้ (Carin, 1993) นอกจากนี้ยังเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบมโนมติพื้นฐานก่อนที่จะศึกษามโนมติใหม่ รวมทั้งมีการตรวจสอบสถานะของมโนมติในขั้นการนำเสนอมโนมติ และในขั้นการประยุกต์มโนมติ เพื่อลดการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยวงจรการเรียนรู้เมตตาคอกนิชันประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนประเมินมโนมติพื้นฐาน โดยการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ถ้าพบว่านักเรียนมีมโนมติพื้นฐานที่คลาดเคลื่อนอยู่ ต้องมีการแก้ไขให้เป็นมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้องก่อนการศึกษาในมโนมติอื่นต่อไป 2) ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ (Concept Exploration) มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสำรวจ ค้นหาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับมโนมติที่ต้องการศึกษา โดยนักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการ บันทึกผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอมโนมติที่ศึกษา 3) ขั้นนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status Check) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบมโนมติที่ได้ และ 4) ขั้นประยุกต์มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status Check) มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนใช้มโนมติที่ได้ศึกษามาแก้ไขปัญหาได้ รูปแบบการสอนนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (ปิยะมาศ บุญประกอบ, 2554) สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากสภาพปัญหาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ในปีการศึกษา 2562 เพื่อช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้อง โดยดำเนินการตามกรอบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โรงเรียนวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 35 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่อยู่ในการกำกับดูแลของผู้วิจัย ที่ได้เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าเคมี ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

3. ระยะเวลาในการวิจัย การวิจัยนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

4. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาจากหลักสูตรสถานศึกษา ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หนังสือเรียนรายวิชาเคมี 4 เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์กัลป์วานิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเซลล์กัลวานิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การแยกสลายด้วยไฟฟ้า

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาข้อเท็จจริง ปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่นำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผล เพื่อให้ได้ข้อสรุปและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ด้วยความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของผู้เรียนในรายวิชาเคมี เกี่ยวกับเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยวัดจากแบบวัดมโนมติแบบปรนัย 4 ตัวเลือกพร้อมการอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบ จำนวน 14 ข้อ และแบ่งระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 ระดับ ตามนิยามของ Westbrook และ Marek (1991) ดังนี้

2.1 ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

2.2 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูกแต่ยังไม่สมบูรณ์ ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

2.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่การให้เหตุผลบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือคำตอบถูกแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ หรืออธิบายเหตุผลถูกต้องแต่เลือกคำตอบผิด

2.4 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนผิด และการอธิบายเหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

2.5 ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึงคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งกลุ่มระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตามนิยามของ Westbrook และ Marek (1991) ออกเป็น 2 กลุ่ม ตาม Marek, Cowan และ Cavallo, (1994) ดังนี้

1) ระดับมโนติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำตอบจากการตอบแบบวัดมโมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete understanding: CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding: PU)

2) ระดับมโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบจากการตอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี อยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific alternative conception: PS)

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception: AC) หรือความไม่เข้าใจ (No understanding: NU)

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ซึ่งเป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือไฟฟ้าเป็นเคมี และมีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างสาร โดยใช้ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle) ที่พัฒนาโดย Lisa M Blank ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นการประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) คือ นักเรียนตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐาน พร้อมแสดงเหตุผลสนับสนุนมโนมตินั้น รวมทั้งครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและเชื่อมโยงไปสู่มโนมติที่จะศึกษา

3.2 ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ (Concept Exploration) คือ นักเรียนออกแบบวิธีการสำรวจ ค้นหามโนมติที่จะศึกษา และดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3.3 ขั้นการนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status check) คือ นักเรียนนำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนติในเรื่องที่นักเรียนได้ทำการศึกษา

3.4 ขั้นการประยุกต์ใช้มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status check) คือ นักเรียนได้นำมโนมติในเรื่องที่ศึกษามาใช้อธิบาย หรือแก้ปัญหานั้นในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. บริบทโรงเรียนและโครงสร้างหลักสูตร
   - 1.1 บริบทโรงเรียน
   - 1.2 โครงสร้างหลักสูตร
2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
   - 2.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
   - 2.2 จุดมุ่งหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการ
   - 2.3 ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา
   - 2.4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
3. มโนมติและมโนมติทางวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของมโนมติและมโนมติทางวิทยาศาสตร์
   - 3.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อน
   - 3.3 การสร้างมโนมติใหม่
   - 3.4 การจัดระดับมโนมติ
   - 3.5 การวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์
4. ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติและรูปแบบการจัดการเรียนรู้
   - 4.1 ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ
   - 4.2 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ
5. วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   - 5.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   - 5.2 วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

5.3 บทบาทครูและบทบาทนักเรียน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

บริบทของโรงเรียนและโครงสร้างหลักสูตร

1. บริบทโรงเรียน

โรงเรียนวาปีปทุม สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ ปัจจุบันจัดอยู่ในประเภทโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ รูปแบบสหศึกษา ทำการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับช่วงชั้นที่ 3 และช่วงชั้นที่ 4 ตั้งอยู่เลขที่ 303 หมู่ที่ 25 ตำบลหนองแสง อำเภอวาปีปทุม มหาสารคาม 44120

1.1 ขอบข่าย ภารกิจการบริหาร และการจัดการสถานศึกษาของกลุ่มบริหารวิชาการ หลักสูตร

โรงเรียนวาปีปทุม มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้ตามมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และกรอบหลักสูตรระดับท้องถิ่น กำหนดแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดการศึกษาทั้งในชั้นเรียนและการศึกษาตามอัธยาศัย จากแหล่งเรียนรู้ทั้งในโรงเรียนและในชุมชน เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีสมรรถนะพื้นฐาน เป็นคนดี คนเก่ง และมีความสุข พัฒนามาตรฐานการศึกษาให้ทัดเทียมมาตรฐานในระดับชาติ

1.2 สภาพแวดล้อม และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

โรงเรียนวาปีปทุมเป็นโรงเรียนที่ไม่มีห้องเรียนประจำ เด็กนักเรียนส่วนใหญ่เดินเรียน แต่โดยรวมมีการจัดสรรอาคารเรียนออกเป็นตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ มีการจัดบรรยากาศภายในโรงเรียนร่มรื่น อากาศถ่ายเทสะดวก ห้องเรียนสะอาดและกว้างขวางเพื่อให้เพียงพอต่อการรองรับจำนวนนักเรียนในแต่ละห้อง รวมถึงมีห้องสมุดและอินเตอร์เน็ตให้นักเรียนได้ใช้บริการ พร้อมทั้งสื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ที่ครบครันและทันสมัย เช่น การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดระบบข้อมูล

สารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการศึกษา เป็นต้น นอกจากนี้ทางโรงเรียนได้มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในห้องสมุด เพื่อการอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลและทรัพยากรต่างๆ ในที่มีอยู่ห้องสมุด เพื่อเป็นการจัดสรรใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ารวมถึงได้นำเทคโนโลยี Social network ต่างๆ มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนร่วมด้วย

1.3 สภาพปัญหาที่พบในชั้นเรียน

ปัญหาทั่วไป

เนื่องจากนักเรียนต้องเดินเรียนในแต่ละวิชา โดยในแต่ละครั้งของการเปลี่ยนคาบเรียน นักเรียนต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งไปกับการเดินเปลี่ยนห้องเรียนหรือเปลี่ยนคาบ ซึ่งบางครั้งที่ห้องเรียนอยู่ห่างไกลกัน นักเรียนจึงต้องใช้เวลานานในการเดินทางมาเรียนอีกห้องหนึ่ง ส่งผลให้เวลาในการเรียนการสอนลดลง ในการเรียนการสอนบางวันถูกจัดให้อยู่ในคาบสุดท้ายก่อนการพักกลางวัน หรือเลิกเรียน ทำให้นักเรียนจดจ่ออยู่กับเวลานั้นและไม่ตั้งใจเรียนในรายวิชาเท่าที่ควร นักเรียนบางคนยังขาดระเบียบวินัย มีการนำอาหารมารับประทานในห้องเรียนแล้วไม่เก็บไปทิ้ง ส่งผลให้ห้องเรียนเกิดความสกปรกและสภาพแวดล้อมของห้องเรียนไม่น่าเรียนเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังพบปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอนไม่พร้อมใช้งาน เช่น จำนวนโต๊ะ เก้าอี้ ไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องขยายเสียง เครื่องฉายภาพ รวมทั้งอุปกรณ์การทดลองที่มีความชำรุดและไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่

ปัญหาเกี่ยวกับการสอน

นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามในเนื้อหารายวิชาเคมีได้ โดยนักเรียนยังมีความเข้าใจในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่ยังคลาดเคลื่อนอยู่ และพบว่านักเรียนไม่สามารถหาเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่นักเรียนตอบได้ รวมทั้งไม่สามารถอธิบายหลักการในหัวข้อต่างๆ โดยอาศัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาร่วมในการอธิบายได้ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนไม่ค่อยสนใจในรายวิชาเคมี โดยนักเรียนได้ให้เหตุผลว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยาก เนื้อหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เป็นนามธรรม นักเรียนไม่สามารถจินตนาการและมองเห็นภาพได้

2. โครงสร้างหลักสูตร

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว 30106 รายวิชา เคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 60 ชั่วโมง/ภาคการเรียน จำนวน 1.5 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2

ศึกษาทฤษฎีเซลล์ไฟฟ้าเคมีของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส คำนวณความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส ค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส ศึกษาปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ การไทเทรต และการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ รวมทั้งการนำความรู้เกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีไปใช้ประโยชน์

ศึกษาเลขออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดซ์ ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์ การเขียนและดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา ศึกษาเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนแผนภาพเซลล์ คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ ศึกษาหลักการทำงานของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ หลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ รวมทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีเซลล์ไฟฟ้าเคมีของอาร์เรเนียส เบรินเสตด-ลาวรี และลิวอิส
2. ระบุคู่เซลล์ไฟฟ้าเคมีของสารตามทฤษฎีเซลล์ไฟฟ้าเคมีของเบรินสเตด-ลาวรี
3. คำนวณและเปรียบเทียบคามสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน หรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินและระบุความเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีของสารละลายหลังสะเทิน
6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีของสารละลายเกลือ
7. ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตเซลล์ไฟฟ้าเคมี
8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
9. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี
11. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
12. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์
13. ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์
14. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา
15. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์
16. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น
17. อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ
18. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
19. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

รวมทั้งหมด 19 ผลการเรียนรู้

โดยได้กำหนดโครงสร้างรายวิชาเคมี 4 รหัสวิชา ว 30224 ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาเคมี 4 รหัสวิชา ว 30224

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวนคาบ		น้ำหนักคะแนน
1	เซลล์ไฟฟ้าเคมี	ปฐมนิเทศก่อนเรียน	1	27	20
		สารละลายอิเล็คโทรไลต์และนอนอิเล็คโทรไลต์	2		
		สารละลายกรดและสารละลายเบส	1		
		ทฤษฎีกรด-เบส	2		
		คู่กรด-เบส	1		
		การแตกตัวของกรดและเบส	2		
		การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ	1		
		ความสัมพันธ์ระหว่างคงที่การแตกตัวกรด-เบส และน้ำ	2		
		สมบัติกรด-เบส ของเกลือ	1		
		pH ของสารละลายกรด-เบส และการคำนวณ	2		
		การวัดค่า pH ในสารละลายกรดและเบส	1		
		ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดและเบส	2		
		จุดยุติและการเลือกใช้อินดิเคเตอร์	1		
		การไทเทรตกรด-เบส	2		
		สารละลายบัฟเฟอร์	1		
		การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์	2		
		ความรู้เกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ในชีวิตประจำวัน	1		
		การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยากรด-เบส ในชีวิตประจำวัน	2		
สอบกลางภาค			3	3	20

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวนคาบ		น้ำหนักคะแนน
2	เคมีไฟฟ้า	เลขออกซิเดชัน	1	27	30
		ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชัน	2		
		ปฏิกิริยารีดอกซ์	1		
		การดุลสมการรีดอกซ์ (วิธีครึ่งปฏิกิริยา)	2		
		การดุลสมการรีดอกซ์ (วิธีเลขออกซิเดชัน)	1		
		เซลล์กัลวานิก	2		
		แผนภาพเซลล์กัลวานิก	1		
		ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	2		
		เซลล์อิเล็กโทรไลต์	1		
		การคำนวณหาค่า Eo ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	2		
		การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	1		
		การแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า	2		
		การสึกกร่อนของโลหะ	1		
		วิธีการป้องกันการสึกกร่อนของโลหะ	2		
		เซลล์กัลวานิกประเภทเซลล์ปฐมภูมิและการนำไปใช้ประโยชน์	1		
		เซลล์กัลวานิกประเภทเซลล์ทุติยภูมิและการนำไปใช้ประโยชน์	2		
		การทำอิเล็กโทรไลซิสน้ำทะเล	1		
		การผลิตโลหะโดยใช้เซลล์อิเล็กโทรไลต์	2		
		สอบปลายภาค	3	3	30
		รวม		60	100

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis และ McTaggart (1988) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่มีความแตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observing) และการสะท้อนกลับ (reflecting) ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดการพัฒนา และนำไปสู่การปรับปรุงการทำงานให้ดียิ่งขึ้น

Johnson (2008) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการวิจัยระหว่างที่ปฏิบัติงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานนั้นกำลังเผชิญอยู่ เป็นกระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริงของสถานศึกษา เพื่อที่จะทำความเข้าใจ พัฒนา และปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงานนั้น

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การวิจัยประเภทหนึ่งที่ใช้กระบวนการปฏิบัติที่มีระบบผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ และวิเคราะห์ วิจารณ์ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรการปฏิบัติทั้ง 4 ขั้น คือการวางแผน การลงมือกระทำจริง การสังเกต และการสะท้อนผลของการปฏิบัติ การดำเนินการต่อเนื่องไปจนกว่าจะได้ ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้จริงหรือพัฒนาสภาพการณ์ของสิ่งที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน องค์กร หรือชุมชน โดยมี จุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสรรค์สร้างขึ้นไปใช้ปรับปรุงแก้ไขปัญหา หรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานได้อย่างทันต่อเหตุการณ์ สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งกลมกลืนกับโครงสร้างการบริหารงาน ตลอดจนบริบททาง ด้านสังคมและวัฒนธรรมและด้านอื่นๆ ที่แวดล้อมหรือเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านั้น

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการศึกษารวบรวม หรือการแสวงหาข้อเท็จจริง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ ปรับปรุงหรือพัฒนาการทำงานให้ดียิ่งขึ้นในขอบข่ายที่รับผิดชอบ

2. จุดมุ่งหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้กล่าวว่าถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น โดยการวิเคราะห์สภาพการณ์ปัญหาของงาน แล้วเสาะหาข้อมูล หรือวิธีการที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาต่างๆ ได้ แล้วนำวิธีการนั้นมาทดลองใช้กับกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

ทวีป ศิริรัศมี (2545) ได้กล่าวว่าถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า มีจุดมุ่งหมายที่จะเปลี่ยนแปลงองค์การ โดยมุ่งนำผลของการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงการปฏิบัติงาน ในความรับผิดชอบของบุคลากรในองค์การในวงการศึกษา ธุรกิจ และอุตสาหกรรม

ธีระวุฒิ เอกะกุล (2551) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การมุ่งที่จะปรับปรุง เปลี่ยนแปลง แก้ไข ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้ปฏิบัติงานเอง และเป็นการมุ่งเพื่อลดช่องว่างของการนำทฤษฎีไปใช้สู่การปฏิบัติ

สรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการนั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น หรือเป็นการวิจัยเพื่อแก้ปัญหา พัฒนา หรือปรับปรุงสิ่งที่เกิดขึ้นในขณะนั้นให้ดียิ่งขึ้น

3. ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้เสนอกรอบลักษณะของการวิจัยเชิง ปฏิบัติการทางการศึกษา (Action Research in Education) ไว้อย่างน่าสนใจ ดังต่อไปนี้

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (Participation and Collaboration) ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียม กันในทุกกระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎี การปฏิบัติ ตลอดจน การวางนโยบายการวิจัย

2. เน้นการปฏิบัติการ (Action Orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็น สิ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3. ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Function) กิจกรรมการวิเคราะห์ การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผลเพื่อ การปรับแผนการปฏิบัติการ

4. ใช้วงจรการปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart คือ การวางแผน (planning) ตลอดจน การปรับปรุงผล (re - planning) เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของ การปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจ และได้เสนอเชิงทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

สุวิมล ว่องวาณิช (2548) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการวิจัยในชั้นเรียนไว้ว่า

1. มีการดำเนินงานที่เป็นวงจรต่อเนื่อง

2. มีกระบวนการทำงานแบบมีส่วนร่วม

3. เป็นกระบวนการที่เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานปกติ เพื่อให้ได้ข้อค้นพบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่สามารถปฏิบัติได้จริง

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิง ปฏิบัติการไว้ 8 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านการปฏิบัติงาน (Practical Problem) ที่ผู้ปฏิบัติ งานระดับล่างมักจะประสบในขณะทำงานอยู่ประจำหรือปฏิบัติหน้าที่อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องใน แต่ละวันมากกว่าการเกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านทฤษฎี (Theoretical Problem) ซึ่งได้ รับการนิยามหรือกล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ในสาขาวิชาความรู้ใดๆ โดยเฉพาะ

2. มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อการทำความเข้าใจ (Understanding) ต่อสภาพปัญหา ที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครู ผู้บริหารการศึกษาอย่างลุ่มลึกและกระจ่างชัด ภายใต้ กระบวนการใคร่ครวญตรวจสอบในลักษณะสะท้อนกลับของยุทธวิธีปฏิบัติที่นักวิจัยเชิง ปฏิบัติการได้ลงมือกระทำลงไปอย่างวิพากษ์วิจารณ์ (critically) อันจะนำไปสู่การได้ แนวทางปฏิบัติการสำหรับใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทแวดล้อม มากยิ่งขึ้น สำหรับการดำเนินงานในลำดับต่อไป นอกจากนั้นยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อ การปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติ งานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์องค์ความรู้เชิงวิชาการอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นการเฉพาะ

3. มุ่งเน้นการตีความหมายเหตุการณ์ หรือสภาวการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้น ตาม ความคิดเห็นหรือทัศนะของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์หรือ สภาวการณ์ของปัญหาดังกล่าว มากกว่าการอาศัยแนวคิดทฤษฎี กฎหรือหลักการของ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าท่าทาง การกระทำ การติดต่อสื่อสารหรือพฤติกรรม ใดๆ ของมนุษย์ ทั้งที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดหรือไม่เห็นเด่นชัดในเหตุการณ์หรือสภาวการณ์ ของปัญหาหนึ่งๆ สามารถตีความหมายได้โดยการสรุปอ้างอิง (inference) จากแรงจูงใจ ความเชื่อ เจตนา หรือจุดมุ่งหมายของผู้แสดงพฤติกรรมประกอบเข้ากับบริบทแวดล้อมที่ ก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำเหล่านั้นขึ้น เช่น บรรทัดฐาน ค่านิยม และกฎเกณฑ์ ต่างๆ ทางสังคมเป็นสำคัญ โดยนัยดังกล่าวนี้แสดงว่า นักวิจัยไม่สามารถตีความหมาย พฤติกรรมหรือการกระทำของบุคคลใดๆ ได้เลย ถ้าปราศจากการพิจารณาบริบทแวดล้อม พฤติกรรมนั้นๆ มาประกอบด้วย

4. เสนอผลการวิจัยในรูปแบบเรียบง่าย การเสนอรายงานผลการศึกษาวิจัยใน รูปแบบด้วยการเลือกใช้ถ้อยคำ สำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำ ศัพท์เฉพาะสาขาวิชา (technical term) และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรม เพื่อทำให้ง่ายต่อการติดตาม ทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้คำอธิบายเกี่ยวกับ ผลการวิจัยตลอดจนกระบวนการวิจัยอื่นๆ สามารถตรวจสอบความตรง (validity) ได้จากการสนทนาแบบเป็นกันเองกับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะของ กระบวนการวิจัย

5. มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ ในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศการมีส่วนร่วม การร่วมมือร่วมใจ การเชื่อถือและ ไว้วางใจ การเป็นมิตร รวมทั้งความเป็นอิสระและความเสมอภาคในการแสดงความคิดเห็น

6. ผ่อนคลายความเข้มงวดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย การดำเนินงาน วิจัยเชิงปฏิบัติการไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบการจัดกระทำทางการทดลองและการควบคุม ตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัดแบบตายตัวด้วยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Design) หรือวิธีการทางสถิติใดๆ (Statistical Control) แนวคิดพื้นฐาน ดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายความว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการละเลยหรือมองข้ามความสำคัญของ การศึกษาค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากแต่ปรับวิธีการศึกษาค้นคว้า ด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืนหรือสอดคล้องกับลักษณะของปัญหา สภาวการณ์ต่างๆ รวมทั้งบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแสวงหาความรู้ความจริง ด้วยเหตุนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบการ

วิจัยเชิงปริมาณที่อาศัย แบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Design) หรือการวิจัยเชิงคุณภาพ

7. ไม่เน้นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาวิจัยข้ามไปยังบริบทอื่น การสรุปอ้างผล การวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคลุมไปยังห้องเรียน หรือโรงเรียนที่มีที่ตั้ง หรือบริบทอื่นๆ แตกต่างไปจากบริบทที่ทำการวิจัยจริง มีลักษณะค่อนข้างจำกัด กว่าการวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จาก การวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่สามารถอาศัยกฎของความครอบคลุม (covering law) ตาม หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุ (causal Relationships) ดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไป การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จึงมีแนวโน้มกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยให้ครอบคลุม ข้ามไปยังขอบเขตอื่นที่นอกเหนือก็สามารถกระทำได้ ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทเหล่า นั้นมีลักษณะคล้ายคลึงหรืออยู่ในสภาวการณ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งได้รับการยืนยันจากผล การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ประกอบด้วย

8. สร้างดุลยภาพและความเสมอภาคระหว่างทัศนะของบุคคลภายในและ ภายนอก นักวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เป็นบุคคลภายใน (insider) และบุคคลภายนอก (outsider) ของสถานที่ทำการศึกษาวิจัย มีบทบาทสำคัญ 2 ประการ คือ บุคคลภายในมีบทบาทเป็น ทั้งผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ปกติและเป็นนักวิจัยปฏิบัติการในสถานที่ทำงานของตนเอง ในขณะที่บุคคลภายนอกมีบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญ/ ผู้ให้คำปรึกษาทางวิชาการให้กับ บุคคลภายในและเป็นนักวิจัยเชิงปฏิบัติการเช่นเดียวกับบุคคลภายในนักวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งที่เป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกจะต้องปรับบทบาทของตนเองให้มีดุลยภาพทางแนวความคิด ความเชื่อ และการปฏิบัติอยู่เสมอในแต่ละสภาวะการณ์ นอกจากนี้จะต้องสร้างความเสมอภาคทางความคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมการวิจัย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดหรือความสับสนระหว่างบทบาทเหล่านั้น ในขณะปฏิบัติงานวิจัย

จากลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการมีลักษณะ คือ 1. เป็นการวิจัยที่อาศัยการร่วมมือกัน 2. เน้นการปฏิบัติการ เป็นการวิจัยที่เน้นการปฏิบัติเพื่อการ เปลี่ยนแปลงหรือพัฒนา 3. ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ คือมีการวิเคราะห์ผลการปฏิบัติการเพื่อปรับปรุงแผนการปฏิบัติการ 4. ใช้วงจรปฏิบัติการ

4. วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยเพื่อมุ่งหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยมีนักการศึกษาได้กำหนดวงจรปฏิบัติการของวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

Kemmis และ McTaggart (1988: 11) ได้กำหนดรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่กำหนดรายละเอียดของแผนงานว่าใครเป็นผู้กระทำ มีกลวิธีการสอนอย่างไร ทำเมื่อไหร่ รวมทั้งการวางแผนในการสังเกตและควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น กำหนดกลวิธีในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

3. ขั้นเก็บข้อมูลการสังเกต (Observe) สังเกตและบันทึกผลการสังเกต

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect) สะท้อนสิ่งที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้กำหนดตามหลักเกณฑ์พื้นฐาน 4 ประการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หลักเกณฑ์พื้นฐานทั้ง 4 มีความเกี่ยวเนื่องกันและพัฒนาต่อเนื่องกันเป็นวงจร ตามวงจรการปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart โดยกลุ่มและสมาชิกจะต้องปฏิบัติดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาร่วมกันระหว่างครู นักเรียน ผู้ปกครอง หรือผู้บริหาร เพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้มีการแก้ไข ตลอดจน แยกแยะรายละเอียด ของปัญหานั้นเกี่ยวกับลักษณะของปัญหาเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับใคร แนว ทางแก้ไขอย่างไร และจะต้องปฏิบัติอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนมาดำเนินโดยใช้การวิเคราะห์ วิจารณ์ ปัญหาอุปสรรค์ที่เกิดขึ้นร่วมกับผู้ร่วมวิจัย เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงแผน ฉะนั้น แผนที่กำหนดควรมีการยืดหยุ่นปรับได้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบครอบ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่เกิดทั้งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือในการเก็บ ข้อมูลเข้าช่วย เช่น

1) การจดบันทึก ครูหรือผู้วิจัยใช้ในการบันทึกบรรยายสภาพการเชิงรูปธรรมที่ เด็กคนหนึ่งๆ หรือกลุ่มได้พบระยะยาวต่อเนื่องกัน เพื่อให้เป็นภาพรวมของสภาพการณ์ที่เกี่ยวข้อง กับหัวข้อวิจัยนั้น

2) การใช้บันทึกสนาม (field notes) เป็นการจดบันทึกเหมือนกับการใช้ระเบียนสะสมแต่การใช้บันทึกสนามจะจดตามสภาพที่เห็น โดยไม่ใช้ข้อคิดเห็นส่วนตัว หรือการแปลความ การบันทึกวิธีนี้จะทำให้ได้พฤติกรรมที่เกิดขึ้นตามสภาพที่เป็นจริง

3) การบันทึก / บรรยาย ถึงพฤติกรรมที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Ecological behavioral description) เป็นการจดบันทึกที่พยายามให้ความเข้าใจลำดับขั้นของพฤติกรรมในชั้นเรียนที่กำลังเป็นอยู่ และมีสิ่งใดเกิดขึ้นบ้าง เช่น ในขณะที่บรรยากาศในชั้นเรียนกำลังเครียดมีนักเรียน 2-3 คนส่งเสียงหัวเราะออกมา

4) การวิเคราะห์เอกสาร (Document analysis) ศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ เช่น คู่มือครู สมุดเตรียมสอบ สมุดจดงาน และสมุดแบบฝึกหัดของนักเรียน บันทึกผลการเรียน รายงานประจำปี ของโรงเรียน เอกสารแสดงกฎ/ระเบียบ หรือนโยบายของโรงเรียน เป็นต้น

5) การจดบันทึกอนุทิน หรือจดหมายเหตุรายวัน (Diaries) เป็นการบันทึกส่วนบุคคล (ไม่จำเป็นต้องเป็นความลับส่วนตัว) ที่ระบุถึงหัวข้อหรือเรื่องราวที่ตนสนใจ อันเกี่ยวกับ สภาพการเรียนการสอน

6) การจดบันทึกลงกระดาษแข็งเป็นรายเรื่อง (Item sampling cards) เป็นการบันทึกเหมือนอนุทิน แต่เน้นเฉพาะช่วงเวลาหนึ่ง ครู หรือนักเรียนควรจดบันทึกเป็นรายวัน วันละหนึ่งเรื่องลงกระดาษแข็งแต่ละแผ่นแยกกัน

7) การใช้เอกสารจากแฟ้มรายงาน (Portfolio) เช่น รายงานการประชุมของโรงเรียนของหมวดวิชา ข่าวของทางราชการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังดำเนินอยู่ บทความ หรือ การวิเคราะห์ปัญหาทางการศึกษาของหนังสือพิมพ์ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง

8) การใช้แบบสอบถาม (Questionnaires) ใช้แบบสอบถามศึกษาข้อมูลเชิงความคิดเห็นแบบปลายปิดมีตัวเลือกให้ตอบ จะให้ได้ข้อมูลที่เป็นรายละเอียดครบถ้วนเพียงพอ ผู้วิจัยต้องกำหนดหัวข้อของเรื่องที่จะถามให้รัดกุมและครอบคลุม

9) การสัมภาษณ์ (Interviews) เทคนิคการสัมภาษณ์ ทำให้คำถามยืดหยุ่นกว่าการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ดำเนินการได้ 3 ลักษณะ คือ แบบไม่ได้วางแผน คือ การสนทนาไม่เป็นทางการระหว่างครูกับครู หรือครูกับนักเรียน แบบวางแผนแต่ไม่มีโครงสร้าง เปิดโอกาสให้ผู้สนทนาเลือกหัวข้อที่สนใจจะพูด ผู้สัมภาษณ์จะใช้คำถามอื่นๆ ประกอบเป็นไปตาม ชุดคำถามที่ได้เตรียมไว้แล้ว

10) การใช้สังคมมิติ (Social metric methods) เพื่อตรวจสอบดูความสัมพันธ์เชิงสังคมในกลุ่มนักเรียน โดยใช้คำถามว่า เขาชอบที่จะทำงานหรือไม่ทำงานกับใคร เขาชอบที่จะสังสรรค์กับใคร แล้วนำชื่อที่ถูกระบุไว้มาโยงหาความสัมพันธ์ว่า ใครเป็นที่นิยมของกลุ่มหรือใคร ถูกกลุ่มเพิกเฉย

11) การใช้แบบตรวจสอบปฏิสัมพันธ์และแบบสำรวจรายการ (Interaction schedules and checklists) เพื่อความสะดวกและเชื่อถือได้ในการสำรวจพฤติกรรมระหว่างครูและนักเรียน ผู้วิจัยอาจสร้างบรรยากาศแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนแล้วใช้ประกอบการสังเกตโดยการ Check พฤติกรรมที่เกิดขึ้นไปตามรายการที่มีอยู่ เช่น การใช้คำถามของครู โอกาสในการตอบคำถามของนักเรียน เป็นต้น

12) การใช้เครื่องบันทึกเสียง (Tape recording) เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างละเอียดลึกซึ้ง ในการเรียนการสอนเป็นกลุ่มเล็ก หรือในการสนทนาตัวต่อตัว ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) การสะท้อนทำให้เกิดการทบทวนถึงการกระทำตามที่ได้บันทึกไว้จากการสังเกตและการเก็บข้อมูลอื่นๆ ประกอบการสะท้อนภาพจะมีลักษณะเป็นการประเมินอย่างหนึ่งซึ่งผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องตัดสินใจจากประสบการณ์ของตนเองว่าผลของการปฏิบัติหรือผลที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่ต้องการตามจุดประสงค์หรือไม่ และสามารถให้ข้อแนะนำในการปฏิบัติต่อไป นอกจากนั้นการสะท้อนภาพยังหมายถึงการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยได้นำขั้นตอนในการปฏิบัติ ของ Kemmis และ McTaggart มาใช้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) หมายถึง การสำรวจปัญหาร่วมกันระหว่างครู นักเรียน และผู้เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) หมายถึง การดำเนินการตามแนวทางที่วางแผนไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) หมายถึง การรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติการ

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) หมายถึง การตรวจสอบและประเมินกระบวนการดำเนินกิจกรรม

มโนมติและมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของมโนมติและมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของมโนมติ

คำว่ามโนมติ แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษซึ่งมีการแปลเป็นภาษาไทยได้หลายคำ และมีการใช้แตกต่างกันไป เช่น ความคิดรวบยอด มโนมติ มโนภาพ สังกัป และแนวความคิดโดย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “มโนมติ” ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของมโนมติไว้ต่าง ๆ ดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ 3 ประการ คือ

1) ความคิดหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบหรือลักษณะร่วมที่สามารถแยกออกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้

2) สัญลักษณ์เชิงความคิดทั่วไปหรือเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการหรือวัตถุ

3) ความคิดเห็น ความคิด ความเห็น หรือภาพความคิด

Romey (1986) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติ หมายถึง ข้อสรุปสำคัญ กลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของปัจจัย ต่างๆ จากกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงจำนวนมากกว่า

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่รับรู้และนำมาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของบุคคล

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติ หมายถึง ความสามารถในการประสานข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมดเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อสร้างเป็นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ เพื่อทำให้เข้าใจในเรื่องเหล่านั้นได้อย่างชัดเจน

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดมาจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ ที่มีลักษณะเฉพาะซึ่งแตกต่างจากสิ่งอื่นๆ

จากความหมายของมโนมติสามารถสรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจ ภายในตัวของบุคคลที่จะตีความและสรุปความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอาจเกิดจากการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ อาจเป็น ชนิด ประเภท คุณสมบัติ คุณลักษณะร่วมกันนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกัน ให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งนั้นๆ

1.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Romey (1968) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง การสรุปอย่าง กว้างๆ เกี่ยวกับลักษณะบางอย่างทางกายภาพและชีวภาพซึ่งเป็นส่วนประกอบของข้อเท็จจริงและประสบการณ์

Klopfer (1971) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มโนมตินั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

Martin (1997) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงหลายๆ ข้อเท็จจริง หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลายครั้ง ต่างวาระต่างเวลากัน ตัวอย่างเช่น “พืชสีเขียวต้องการแสงในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อการเจริญเติบโต” เป็นการเชื่อมโยงระหว่างสองส่วนคือ แสงและการเจริญเติบโตของพืชสีเขียว

วราภรณ์ ชัยโอภาส (2521) ให้ความหมายว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเรียนรู้ลักษณะนิยาม อาศัยความสามารถในการสังเคราะห์ การวิเคราะห์ การใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย โดยอาจจะพูดหรือเขียนบอกด้วยข้อความ ภาษาของตนเอง เป็นการเปลี่ยนจากรูปธรรมเป็นนามธรรม การรวบรวม การรับรู้ที่มีความหมายต่อการเรียน จะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์ขึ้นได้ เช่น การบรรยายรูปร่าง ปรากฏการณ์ ขบวนการ คุณสมบัติการจัดประเภท การใช้สัญลักษณ์

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ (2537) ได้กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆจนเรียนรู้และสรุปเป็นความเข้าใจเรื่องนั้นๆ ของแต่ละบุคคล มโนมติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล มโนมติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ผู้ศึกษาจะเข้าใจตรงกันและช่วยให้เข้าใจวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

จากความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเกิดจากข้อเท็จจริง ปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผล เพื่อให้ได้ข้อสรุปและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ด้วยความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้ลงความเห็นร่วมกัน

2. มโนมติที่คลาดเคลื่อน

2.1 ความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อน

ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน มีผู้ให้ความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ต่าง ๆ ดังนี้

Hewson & Hewson (1983) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดที่นักเรียนมีอยู่ และแตกต่างจากแนวความคิดที่บุคคลทั่วไปยอมรับ ซึ่ง อาจมีมาก่อนการศึกษาเล่าเรียน หรือเกิดขึ้นหลังจากการศึกษาเล่าเรียน

Clement (1993) ได้กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน เป็นมโนมติที่ขัดแย้งกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Chambers และ Andre (1997) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวความคิดของบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สอดคล้องกับแนวความคิดที่ทำวิทยาศาสตร์ยอมรับ

พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ (2553) ได้กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความรู้หรือความเข้าใจที่ไม่สมเหตุสมผลของนักเรียนที่ขัดแย้งกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเกต หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่ไม่สมบูรณ์ทำให้การตีความหรือให้ความหมายกับประสบการณ์ใหม่เบี่ยงเบนไปจากวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน

ดังนั้น สรุปได้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวความคิดหรือความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจากการเรียนรู้ จากประสบการณ์ตรงหรือจากการสังเกตจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ไม่สอดคล้องกับแนวความคิดที่ทำวิทยาศาสตร์ยอมรับ

2.2 ลักษณะของมโนมติที่คลาดเคลื่อน

Chi et al. (1994) ได้กล่าวว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดจากสภาวะเชิงภววิทยาของมโนมติที่มีมาแต่กำเนิดของนักเรียนไม่สอดคล้องกับ สภาวะเชิงภววิทยาของมโนมติที่แท้จริงทางวิทยาศาสตร์ จึงก่อให้เกิดมโนมติที่ไม่สอดคล้องกัน โดยนักเรียนมักจะจัดให้มโนมติต่าง ๆ อยู่ในประเภทสสารทั้งที่ทางวิทยาศาสตร์จัดให้มโนมติ เหล่านั้นอยู่ในประเภทกระบวนการ เช่น นักเรียนจัดมโนมติเรื่องกระแสไฟฟ้า แรง วิวัฒนาการของ สิ่งมีชีวิตอยู่ในประเภทภววิทยาที่เป็นสสารแต่นักวิทยาศาสตร์จัดให้มโนมติเหล่านี้อยู่ในประเภทเชิงภววิทยาที่เป็นกระบวนการสาเหตุที่ทำให้มโนมติไม่สอดคล้องกัน เพราะว่า

1) เป็นความชอบพิเศษตั้งแต่กำเนิดที่มีต่อการทำให้มโนมติจำนวนมากเป็นมโนมติที่มีลักษณะมีสสารเป็นฐาน (matter-based) อาจเนื่องมาจากความคุ้นเคยกับมโนมติเช่นนั้นและทำให้เกิดการพัฒนาเป็นประเภทสสาร (matter category)

2) ประเภทที่มีปัจจัยบีบบังคับเป็นฐาน (constraint-based category) เป็นสิ่งที่แสดงออกอย่างชัดเจนได้ยากมาก ดังนั้นจึงเป็นอุปสรรคต่อการอธิบายและการสอน และความรู้ประเภทนี้ไม่เคยทำให้ชัดเจนในตำราทางฟิสิกส์ จากการทบทวนตำราทางฟิสิกส์จำนวนมาก คำว่า กระบวนการไม่เคยมีรายชื่อปรากฏอยู่ในภาคผนวก

3) มโนมติต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากครอบคลุมสิ่งต่าง ๆ ที่ดำรงอยู่ทั้งสสารและกระบวนการดังนั้นผู้เรียนจะต้องพยายามเข้าใจมโนมตินั้นทั้งสภาวะที่เป็นสสารและกระบวนการจึงเป็นสิ่งที่ยากต่อความเข้าใจ

4) มโนมติที่เป็นนามธรรม การแสดงด้วยคณิตศาสตร์ การใช้ศัพท์เทคนิคทาง วิชาการที่คาบเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน เช่น น้ำหนัก และความร้อน

Fisher (1983) ได้กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนมีลักษณะ ดังนี้

1) เป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนไปจากมโนมติของผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้น ๆ

2) มโนมติที่คลาดเคลื่อนเพียงเรื่องเดียวจะขยายออกไปได้เนื่องจาก การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันของบุคคล

3) มโนมติที่คลาดเคลื่อนจะขยายออกไปจากเรื่องที่ง่ายไปสู่เรื่องที่ยาก และยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ถ้าหากยังคงใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม

4) มโนมติที่คลาดเคลื่อนในบางเรื่องเกี่ยวกับข้อความเชื่ออื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวโยงกันอย่างมีระบบ และมีแนวโน้มที่จะถูกนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

5) มโนมติที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องเป็นสิ่งที่ถ่ายทอดกันมาตั้งแต่อดีตจากผู้นำทางความรู้ในแขนงวิชานั้น ๆ แล้วถูกถ่ายทอดมาสู่นักเรียน

ดังนั้น จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของมโนมติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการได้รับประสบการณ์ที่แตกต่างกันจึงก่อให้เกิดมโนมติที่ไม่สอดคล้องกับมโนมติที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ

2.3 สาเหตุของการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน

Pines และ West (1986) ได้แบ่ง มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อนซึ่งเกิดจากสถานการณ์การเรียนรู้ที่ต่างกัน 3 กลุ่ม คือ

1) มโนมติที่คลาดเคลื่อนอันเกิดจากสถานการณ์ที่ขัดแย้งกัน แบ่งตามขั้นตอนของ การเกิดมโนมติได้ 3 ระยะ ดังนี้

ระยะของการรับรู้

ระยะของการไม่สมดุล

ระยะของการจัดระบบใหม่

2) มโนมติที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่น การขยาย คำไปสู่ความหมายใหม่ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหมายของคำซึ่งมีผลให้เกิดมโนมติ ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนได้

3) มโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่ให้ความรู้ โดยสัญลักษณ์ นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์มาสัมพันธ์กับความรู้เกิดขึ้นจริงได้ เช่น การใช้สัญลักษณ์ในทางเคมี นักเรียนไม่สามารถมองเห็นภาพการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

Thijs และ Berg (1995) กล่าวว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดจากนักเรียน เนื่องจากกลุ่มความหลากหลายของประสบการณ์ของนักเรียน รวมถึงการสังเกตและการรับรู้ วัฒนธรรม ภาษา ที่แตกต่าง

Sanger (1997) กล่าวว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดจากการใช้ภาษาที่ไม่ถูกต้องในการอธิบายเกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์

NRC (2012) กล่าวว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดจากหนังสือเรียน หนังสือบางเล่มแสดงภาพประกอบหรือการเขียนข้อความที่สามารถนำไปสู่ความเข้าใจมโนมติที่ไม่ถูกต้อง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนนั้นมีสาเหตุเกิดมาจากตัวนักเรียนเองที่แปลความหมาย หรือสรุปความไม่ถูกต้องอันเนื่องมาจากความเชื่อความรู้และประสบการณ์เดิมหรือเกิดจากสิ่งแวดล้อมรอบตัว เช่น ตำราที่ไม่ถูกต้องชัดเจน หรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ผู้สอน นักปรัชญาที่นำเสนอไม่ชัดเจนทำให้ไม่เพียงพอที่จะทำความเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้

3. การสร้างมโนมติใหม่

3.1 การเกิดมโนมติ

ได้มีผู้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนมติในลักษณะต่างๆ กัน ดังนี้

Aucubel (1968) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นในการ สร้างมโนมติไว้ดังนี้

1) วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า

2) สร้างสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะร่วมของสิ่งเร้า

3) ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง

4) เลือกสมมติฐานที่สามารถครอบคลุมสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการเหมือนกัน

(5) นำลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้าที่คิดไว้จากสมมติฐานสัมพันธ์กับโครงสร้างความคิดที่มีอยู่เดิมของตน

6) แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนมติได้ใหม่กับมโนมติที่มีอยู่เดิม เพื่อหาความสัมพันธ์

7) สรุปความหมายของมโนมติที่รับมาใหม่ให้ครอบคลุมไปยังสมาชิกทุกๆหน่วย ในกลุ่ม

8) คิดหาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสมใช้เป็นตัวแทนของมโนมติที่รับมาใหม่

Piaget (n.d.) ได้เสนอ ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างมโนมติไว้ว่า โครงสร้างทางสติปัญญาของมนุษย์ ประกอบด้วย

1) โครงสร้าง (Schema)

2) กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง (Assimilation)

3) กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation)

4) สภาวะสมดุล (Equilibrium)

ในโครงสร้างทางสติปัญญาทั้ง 4 อย่างนี้ โครงสร้างที่มีความสำคัญต่อการสร้างมโน มติ คือ กระบวนการปรับโครงสร้าง และกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง ซึ่งกระบวนการปรับ โครงสร้างประกอบด้วยความสามารถในการจำแนก (Discrimination) และความสามารถในการ สรุปครอบคลุม (Generalization) เช่น เด็กสามารถแยกสัตว์สี่เท้าออกจากพวกนก และสามารถจัด สัตว์ที่พบเห็นเข้าเป็นพวกนก สัตว์สี่เท้า และสัตว์เลื้อยคลานได้ โดยใช้ความสามารถในการสรุป ครอบคลุมลักษณะของสัตว์ เช่น นก ไก่ เป็ด รวมเข้าเป็นสัตว์ปีกได้ ความสามารถในการจำแนก และการสรุปครอบคลุมช่วยส่งเสริมกระบวนการปรับเข้าโครงสร้างให้มีคุณภาพในระดับที่สูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อบุคคล จัดประเภทของวัตถุหรือสิ่งที่มีชีวิตอยู่ได้แล้วเมื่อไปพบวัตถุใหม่ ซึ่งจัดเข้าประเภทเดียวกันได้ บุคคลนั้นก็ใช้กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างจัดเข้าประเภทส่วนกระบวนการ ปรับขยายโครงสร้าง หมายถึง

เมื่อบุคคลพบสิ่งใหม่ที่ไม่สามารถจัดเข้าโครงสร้างเดิมได้ ก็ต้องจัด ประเภทใหม่หรือปรับโครงสร้างใหม่ บุคคลที่มีความสามารถปรับโครงสร้างใหม่ได้ เป็นบุคคลที่มี ความสามารถสร้างมโนมติใหม่ๆได้

จำนง พรายแย้มแข (2516) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้มโนมติไว้ว่า การที่บุคคลจะเกิดมโนมติเรื่องหนึ่งก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นต้องเคยมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ความจริง (Facts) หลักการ (Principle) และการลงข้อสรุป (Generalization) ว่าสิ่งนั้นๆ มีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยการแยกลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นได้อย่างชัดเจน ซึ่งคุณลักษณะนี้จะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยคุณสมบัติในด้านการใช้การสังเกต

ชัยพร วิชชาวุธ (2519) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้มโนมติ

1) การเรียนรู้เริ่มจากผู้เรียนได้ประสบการณ์ได้แก่ การเห็น การได้ยิน

2) เมื่อเกิดประสบการณ์แล้ว ผู้เรียนจะต้องสังเกตในรายละเอียดปลีกย่อยของประสบการณ์ และคิดเปรียบเทียบ เช่น รูปที่เห็นนั้นมีสีอะไร รูปร่างอย่างไร ทั้งสองอย่างมีอะไรเหมือนกันและมีอะไรแตกต่าง

3) จากการสังเกตในข้อ 2 ผู้เรียนจะตั้งสมมติฐานว่า มโนมติคืออะไร

4) ผู้เรียนทดสอบสมมติฐาน ถ้าผลปรากฏว่า ถูก ก็คงสมมติฐานนนั้นไว้ ถ้า ผิด ก็จะกลับไปสังเกตและคิดตั้งสมมติฐานใหม่จนถูก

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525) ได้กล่าวถึงการสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นรูปแบบของการสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับการสร้างมโนมติทั่วๆ ไป การสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้นมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการสัมผัส รับรู้ปรากฏการณ์ต่างๆ เป็นเบื้องต้น และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลายๆครั้ง นักเรียนสามารถนำมาสรุปเป็นมโนมติได้เมื่อนักเรียน เรียนรู้มากขึ้น มีการสะสมมากขึ้น ก็จะทำให้นักเรียนสามารถนำมโนมติที่สรุปไว้นั้นไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนชั้นสูงต่อไป และสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

จากการสร้างมโนมติที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สรุปได้ว่า การสร้าง มโนมตินั้นจะเริ่มจากการที่นักเรียนได้สังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ ทำให้เกิดการรับรู้ มีการจัดระบบความคิดแล้วนำมา

แยกแยะ โดยอาศัยสมบัติเฉพาะของวัตถุ หรือเหตุการณ์นั้น หลังจากนั้น ก็มาหาความสัมพันธ์กับแนวคิดของตนเองจนเกิดความเข้าใจและสรุปเป็นมโนมติได้

3.2 การสอนเพื่อให้เกิดมโนมติ

De Cecco (1968) เสนอแนะวิธีและเทคนิคการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติไว้ทั้งหมด 9 ขั้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) ระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้ชัดเจนว่า หลังจากเรียนมโนมตินั้นแล้ว นักเรียนจะทำอะไรบ้าง

2) วิเคราะห์มโนมติที่จะให้เรียนว่า ประกอบด้วยลักษณะเด่นอะไรบ้าง และครูควรเลือกเน้นเฉพาะลักษณะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างมโนมตินั้นๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนมติได้ง่ายขึ้น

3) การใช้ภาษาในการสอน ครูควรใช้ภาษาที่ทำให้นักเรียนเข้าใจง่าย และเข้าใจความหมายอย่างถูกต้อง

4) ครูควรแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบของมโนมติ ที่ต้องการสอนให้ นักเรียนได้สังเกตและศึกษา โดยตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบจะต้องมีมากเพียงพอที่จะทำให้นักเรียนสรุปลักษณะร่วมของมโนมตินั้นและจำแนกลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติออกไป

5) การแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบ ควรแสดงตัวอย่างทางลบทันทีหลังจากการแสดงตัวอย่างทางบวกแล้ว

6) ครูเสนอตัวอย่างทางบวกใหม่ของมโนมติที่ต้องการสอนให้นักเรียนพิจารณา เพื่อต้องการให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดทั่วไปและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่

7) ครูนำตัวอย่างใหม่ทั้งทางบวกและทางลบหลายๆตัวอย่างมาให้นักเรียนพิจารณาเพื่อทดสอบให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดทั่วไปและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่

8) ครูให้นักเรียนให้ความหมายหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับมโนมตินั้น เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

9) ครูให้โอกาสนักเรียนลองใช้มโนมติที่เรียนมาแล้วและเสริมกำลังใจในการที่นักเรียนได้ใช้มโนมตินั้นๆ

Bruner, Goodnow และ Austin (1957) มีแนวคิดว่าสรรพสิ่งในโลกนี้มากมายหลายลักษณะ มนุษย์ไม่สามารถจำรายละเอียดเฉพาะของแต่ละสิ่งเหล่านั้นได้ทั้งหมด เพื่อลดความซับซ้อนของสิ่งแวดล้อมดังกล่าวจึงจำเป็นต้องจัดสิ่งต่างๆ เหล่านั้น เข้าเป็นหมวดหมู่โดยใช้คุณสมบัติเฉพาะเป็นเกณฑ์ ทำให้มีชื่อเรียกสิ่งของสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวเรา เช่น คน สัตว์ สิ่งของ และอื่นๆ ดังนั้นจึงเกิดวิธีการที่ เรียกว่า กระบวนการจัดประเภท เกณฑ์ในการจัดกลุ่มมีการกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ

1) การกระทำเพื่อสร้างมโนมติ

2) การกระทำเพื่อเรียนรู้มโนมติ

ในการสอนให้นักเรียนสร้างมโนมตินั้นนักเรียนจะเป็นผู้จัดประเภทของข้อมูลโดย ใช้คุณสมบัติเฉพาะที่นักเรียนกำหนดเองเป็นเกณฑ์ในการจำแนกโดยจะจัดที่กลุ่มก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของนักเรียน แต่การสอนให้เรียนรู้หรือเข้าใจมโนมตินั้นจะมีเพียงมโนมติเดียวที่ผู้รู้ หรือนักวิชาการกำหนดหรือจำแนกลักษณะเฉพาะหรือเกณฑ์ในการจำแนกและคำจำกัดความของ มโนมตินั้น

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนทางวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525) ได้เสนอหลักการเพื่อให้เกิด มโนมติไว้ดังนี้

1) ใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน เพราะอุปกรณ์ ที่เหมาะสมกับบทเรียนจะทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่ายขึ้น ทำให้บทเรียนที่ซับซ้อนชัดเจนขึ้น ซึ่งการเลือกใช้อุปกรณ์นั้นครูจะเป็นผู้พิจารณาถึงความเหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียนเพียงใด

2) การจัดประสบการณ์ตรงให้นักเรียน ให้ได้สัมผัสของจริงมากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย แต่การนำประสบการณ์รองมาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติขึ้นมาด้วยตนเองได้

3) ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่างๆ ออกมาให้เห็นเด่นชัด จะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้น อันจะนำไปสู่การสร้างมโนมติต่อไป

พนัส หันนาคินทร์ (2526) ได้กล่าวถึงการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติไว้เป็นข้อๆ ดังนี้

1) จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง การอธิบายมโนมติจะชัดเจนหากว่าการอธิบายนั้นสัมพันธ์กับสิ่งที่เข้าใจอยู่ก่อนโดยเฉพาะหากเป็นสิ่งที่มีลักษณะเป็นของจริงหรือประสบการณ์จริง ในกรณี เช่นนี้ การหาอุปกรณ์การสอนที่ตรงกับเรื่องจะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น

2) แถลงกฎต่างๆ ให้ชัดเจนประสบการณ์ที่เป็นจริง สิ่งที่จำเป็นในการสร้างมโนมติ ให้นักเรียน ประสบการณ์ที่แถลงออกมาอย่างชัดเจนนั้นย่อมจะสร้างงมโนมติที่ถูกต้องและชัดเจน สิ่งหนึ่งจะช่วยได้มากคือ พยายามให้นักเรียนแถลงมโนมติออกมาด้วยตนเอง

3) การให้คำอธิบายอย่างแจ่มแจ้ง ในการอธิบายของครูจะต้องพยายามให้หลักการ ที่ได้ผลในการติดต่อสื่อสารความคิดเช่น ใช้คำพูดที่นักเรียนคุ้นเคย ใช้ประโยคที่ง่ายๆ เน้นจุดสำคัญด้วยการอธิบายซ้ำ ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของเรื่องย่อยที่มีอยู่ในเรื่องใหญ่ และใช้คำถามในเรื่องที่เป็นหัวใจของเรื่อง

สรุปได้ว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนมติเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่อง หนึ่งนั้นจะต้องคำนึงถึงถึงปัจจัยต่างๆ ในการสร้างมโนมติ โดยจะต้องเน้นถึงความสำคัญของผู้เรียน ก่อนศึกษาธรรมชาติในตัวผู้เรียนว่ามีความต้องการอะไร ความรู้เดิมหรือประสบการณ์ของผู้เรียน ความพร้อมของนักเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ วิธีสอน ตลอดจนการใช้สื่อการเรียนที่เหมาะสม ซึ่งเป็นแล้วกระตุ้นที่ช่วยส่งเสริมการเกิดมโนมติของผู้เรียน

3.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ

การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual Change Approach) นอกจาก การมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงที่ตัวความรู้หรือทางด้านพุทธิพิสัยแล้วนั้น นักการศึกษายังได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ดังนี้

Pintirch et al. (1993) ที่ว่า การเปลี่ยนแปลงมโนมติในยุคแรกๆ สนใจเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของตัวความรู้ หรือด้านพุทธพิสัย แต่จริงๆ แล้วการเปลี่ยนแปลงมโนมติจะเกิดขึ้นได้ย่อมมาจากปัจจัยทางด้านจิตพิสัย ได้แก่ แรงจูงใจต่างๆ เช่น ความสนใจความเชื่อ รวมถึงผลของความเชื่อทางสังคม กลุ่มเพื่อน หรือบรรยากาศในชั้นเรียน

Duit (1996) ได้นำเสนอประเด็นในด้านของจิตพิสัย และปัจจัยทางสังคมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติ โดยเสนอว่า การเปลี่ยนแปลงมโนมติไม่ได้ เกิดขึ้นเฉพาะในหัวของคนใดคนหนึ่ง

โดยปราศจากความต้องการที่จะเปลี่ยนแปลง แต่เกี่ยวข้องกับความเชื่อที่ต้องการจะเปลี่ยนแปลง รวมถึงการได้รับอิทธิพลจากสังคมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ

Vosniadou (2003) ได้เสนอว่า ในทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติที่เป็นที่ สนใจในปัจจุบัน มีตัวแปรที่สนใจ คือ ตัวแปรที่เกี่ยวกับด้านจิตพิสัย และด้านสังคมต่อมาได้มีผู้นำเสนอปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ โดยกล่าวว่า“การเปลี่ยนแปลงมโนมติก็ เปรียบเสมือนการแข่งขันกันของมโนมติ 2 มโนมติ ซึ่งก็คือมโนมติเดิมกับมโนมติใหม่” (Hewson and Hewson, 1992) ซึ่งเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงของ Status ของ มโนมติทั้ง 2 ประเภท ซึ่ง Status นี้ หมายถึง ระดับการยอมรับที่นักเรียนมีให้แก่มโนมติแต่ละประเภท นั่นคือ หากมโนมติใดที่เป็นไปตามเงื่อนไขของความเข้าใจในความรู้ใหม่ (Intelligibility) ความเป็นไปได้ของความรู้ใหม่ (Plausibility) และประโยชน์ของความรู้ใหม่ (Fruitfulness) แสดงว่ามโนมตินั้นมี Status ที่สูงขึ้น หรือได้รับการยอมรับ ดังนั้นสิ่งสำคัญของการเปลี่ยนแปลงมโนมติ คือ ความไม่พึงพอใจของความรู้เดิม (Dissatisfaction) นั่นคือ เมื่อใดที่นักเรียนลด Status ของมโนมติเดิม และเพิ่ม Status ให้มโนมติใหม่ แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงมโนมติเกิดขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงมโนมติในตัวของบุคคลต้องอาศัยความพร้อมของผู้เรียน ทั้งด้านความต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงมโนมติและปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยการเปลี่ยนแปลงมโนมติของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนให้มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์

4. การจัดระดับมโนมติ

การศึกษาระดับมโนมติ ได้มีนักการศึกษาแบ่งระดับมโนติได้หลากหลายระดับ ดังนี้

Westbrook และ Marek (1992:) ได้ศึกษาระดับมโนมติ และแบ่งระดับมโนมติได้ 5 ระดับ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบ ของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรง กับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

Abraham et al. (1994) ได้แบ่งระดับมโนมติออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1) ความเข้าใจมโนมติ (Sound Understanding, CU)
2) ความเข้าใจบางส่วนของมโนติ (Partial Understanding, PU)
3) ความเข้าใจบางส่วนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with a Specific Misconception, PU/SM)
4) มโนมติคลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (Specific Misconception, SM)
5) ไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU)

Haider (1997) ได้พิจารณาแบ่งระดับมโนมติของนักเรียนออกเป็น

1) มโนมติเชิงวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2) มโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องเป็นที่ยอมรับกับแนวความคิด เชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) มโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวความคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding With a Specific Misconception: PU&SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ และมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติวิทยาศาสตร์

4) มโนมติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบ ของนักเรียนไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ยอมรับและไม่สอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5) ไม่เข้าใจแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

จากการศึกษางานวิจัยที่ศึกษามโนมติของผู้เรียนนั้นพบว่า ผู้วิจัยนิยมใช้ระดับมโนมติตามนิยามของ Westbrook และMarek ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ระดับมโนมติตามนิยามของ Westbrook และMarek มี 5 ระดับ ประกอบด้วย

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูกแต่ยังไม่สมบูรณ์ ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่การให้เหตุผลบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือคำตอบถูกแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ หรืออธิบายเหตุผลถูกต้องแต่เลือกคำตอบผิด

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนผิด และการอธิบายเหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5) ความไม่เข้าใจ (NU) หมายถึงคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

5. การแบ่งกลุ่มระดับมโนมติ

การศึกษาการแบ่งกลุ่มระดับมโนมติตามนิยามของ Westbrook และ Marek ได้มีนักวิจัยทำการแบ่งกลุ่มตามระดับความเข้าใจมโนมติ ไว้ดังนี้

Marek, Cowan และ Cavallo, (1994) ได้แบ่งกลุ่มระดับมโนมติออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

2) มโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่นอกเหนือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งได้แก่ ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS), ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจ (NU)

Mulford และ Robinson (2002) ได้จัดกลุ่มระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มมีมโนมติตรงกับหลักวิทยาศาสตร์ (Good Conception) คือ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติสอดคล้องตามหลักวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)

2. กลุ่มมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception) หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติสอดคล้องตามหลักวิทยาศาสตร์บางส่วน หรือเข้าใจไม่สมบูรณ์ คือ อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)

3. กลุ่มมีมโนมติไม่ตรงกับหลักวิทยาศาสตร์ (Misconception) หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติไม่สอดคล้องตามหลักวิทยาศาสตร์หรือเข้าใจผิด คือ อยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้การแบ่งระดับมโนมติตามนิยามของ Westbrook และ Marek ออกเป็น 2 กลุ่ม ตาม Marek, Cowan และ Cavallo, (1994) สรุปได้ว่า มโนมติระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และมโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS), ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU)

5. แนวทางการวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีนักการศึกษากล่าวถึงแนวทางการวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และ ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Jenkins และ Deno (1971) ได้เสนอวิธีการวัดมโนมติซึ่งมีทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่

1) แบบทดสอบแบบอัตนัย ให้นักเรียนเขียนนิยามของมโนมติ
2) แบบทดสอบแบบอัตนัย ให้นักเรียนยกตัวอย่างมโนมติ
3) แบบทดสอบแบบปรนัยหรืออัตนัย ให้นักเรียนจำแนกประเภท
4) แบบทดสอบแบบปรนัยหรืออัตนัย ให้วิเคราะห์คำนิยามOsborn และ

Freyberg (1988) ได้เสนอวิธีการวัดมโนมติดังนี้

1) การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างมโนมติ โดยใช้บัตรแสดงคำลายเส้นหรือรูปแบบของวัตถุของมโนมติที่ต้องการถาม ผู้สัมภาษณ์จะนำเสนอทีละใบเพื่อให้นักเรียนดูภาพรวมแล้วถามเกี่ยวกับภาพในบัตรคำนั้น

2) การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ โดยมีการสาธิตปรากฏการ์จริงให้นักเรียนดู หรือวาปรากฏการณ์ดังกล่าวลงบนบัตรคำเพื่อสำรวจความคิดของนักเรียน

3) แบบทดสอบปรนัย และมีการอธิบายเหตุผลประกอบการเลือกคำตอบ

4) แผนผังมโนมติ

5) คำถามของนักเรียน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนให้ถามคำถามในระหว่างทำกิจกรรมเพื่อพิจารณาความเข้าใจมโนมติของนักเรียน

Odum และ Kelly (2001) ได้เสนอแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Two-tier choice) เป็นแบบทดสอบที่แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหาซึ่งมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกตอบในตอนที่ 1

จากการศึกษารูปแบบและแนวทางในการวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบตามวิธีของ Osborne และ Freyberg ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยพร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม โดยแบบทดสอบปรนัยจะเป็นแบบ 4 ตัวเลือก และส่วนที่ต้องอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจเลือกคำตอบนั้นเป็นแบบอัตนัย เนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่สามารถกำหนด

แนวทางในการตอบได้ชัดเจน สามารถออกข้อสอบได้อย่างครอบคลุมทุกเนื้อหา และการใช้การให้เหตุผลแบบอัตนัยช่วยลดโอกาสในการเดาคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบได้

ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติและรูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual Change Theory)

ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับอยู่ในขณะนั้น

Posner et al. (1982) ได้เสนอทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ โดยกล่าวถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนมติว่าประกอบด้วยสองขั้นตอน ขั้นแรกจะเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงมโนมติหรือการเปลี่ยนแปลงแก้ไขมโนมติ (Accommodation) โดยนักเรียนจะไม่สามารถนำความรู้เดิมที่มีอยู่ไปแก้ไขปัญหาที่มีใหม่ได้ เมื่อความรู้ที่มีอยู่เดิมไม่พียงพอที่จะแก้ไขปัญหาได้ และความรู้ที่ได้รับใหม่สามารถอธิบายได้ดีมากกว่าก็จะทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ ผลจากความขัดแย้งนั้นจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนมติ และขั้นตอนที่สองนักเรียนจะเลือกใช้ความรู้ใหม่ที่สามารถแก้ไขปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ได้ดีกว่า Posner และคณะ จึงได้ออกแบบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual Change Model) ที่ช่วยอธิบายถึงเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงจากแนวความคิดเดิมไปสู่แนวความคิดใหม่ เงื่อนไขดังกล่าว คือ

1) ความไม่พึงพอใจในความรู้เดิม (Dissatisfaction) คือ นักเรียนต้องเผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์แปลกๆ ที่หาข้อสรุปไม่ได้ และทำให้นักเรียนเล็งเห็นว่าความรู้เดิมไม่มีประโยชน์ นั่นคือความรู้เดิมไม่สามารถช่วยแก้ปัญหา หรือสถานการณ์ที่ต้องการได้

2) ความเข้าใจในความรู้ใหม่ (Intelligibility) คือ นักเรียนต้องสามารถมองเห็นได้ว่ามโนมติใหม่ก่อให้เกิดประสบการณ์ที่เพียงพอสำหรับการแสวงหาความเป็นไปได้ต่างๆ นั่นคือการเปลี่ยนมโนมติจะเกิดขึ้นได้เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดใหม่

3) ความเป็นไปได้ของความรู้ใหม่ (Plausibility) คือ มโนมติใหม่ต้องดูน่าเชื่อถืออย่างน้อยแนวคิดใหม่จะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงแนวคิดจะเกิดขึ้นได้เมื่อนักเรียนมองเห็นแนวทางที่จะใช้แนวคิดใหม่นี้ไปช่วยแก้ปัญหาหรืออธิบาย สถานการณ์ที่ต้องการ

4) ประโยชน์ของความรู้ใหม่ (Fruitfulness) คือ แนวคิดใหม่ต้องมีประโยชน์สำหรับการใช้ในบริบทอื่น แนวคิดดังกล่าวต้องมีศักยภาพที่จะขยายขอบเขตของการแสงหาความรู้อื่นๆ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงแนวคิดจะเกิดขึ้นเมื่อแนวคิดใหม่สามารถช่วยแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ที่แนวคิดเดิมของนักเรียนไม่สามารถแก้หรืออธิบายได้

จากเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนมติของ Posner และคณะดังกล่าว เป็นการเสนอที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ซึ่งเงื่อนไขเหล่านั้น คือ ความต้องการให้ความรู้ใหม่เป็นสิ่งที่ 1) เข้าใจง่าย (Meaningful) 2) มีความเป็นไปได้ (Truthful) และ 3) มีประโยชน์ (Useful) ถ้ามโนมติใหม่ มีความขัดแย้งกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ เขา จะต้องต่อสู้กับการตัดสินใจที่ยาก เพื่อแก้ปัญหาหรือทำความเข้าใจกับมโนมติที่มีอยู่ในปัจจุบัน และจากการที่เขาไม่สามารถแก้ปัญหาหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับมโนมติที่มีอยู่ จึงเป็นวิธีการที่จะนำไปสู่การพิจารณามโนมติใหม่ที่เป็นไปได้

ต่อมา Hewson (1992) ได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดของโพสเนอร์และคณะ ว่ามีเงื่อนไข 3 ประการที่มโนมติใหม่จะเป็นที่พอใจก่อนที่จะสามารถบูรณาการเข้าไปกับความรู้เดิม คือ

1) มโนมติใหม่เข้าใจได้ง่าย (Intelligible) นั่นคือ ผู้เรียนรู้ว่ามโนมติใหม่หมายถึงอะไร ผู้เรียนสามารถพบแนวทางในการบรรยายมโนมติดังกล่าวได้

2) มโนมติใหม่มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) นั่นคือ นักเรียนต้องเชื่อว่ามโนมติใหม่เป็นความจริง มโนมติใหม่เชื่อมโยงและสอดคล้องกับมโนมติอื่นๆที่ผู้เรียนยอมรับ

3) มโนมติใหม่มีประโยชน์ต่อผู้เรียน (Fruitful) นั่นคือ มโนมติใหม่จะต้องเข้าใจได้ และมีเหตุผล ก่อให้เกิดคุณค่าบางอย่างสำหรับผู้เรียน และสามารถแก้ปัญหาอื่นๆที่ไม่สามารถจะแก้ได้ และชี้แนะความเป็นไปได้ทิศทางหรือความคิดใหม่ และเสนอว่าการสอนควรประกอบด้วย

(1) การบูรณาการ (Integration) มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้มโนมติใหม่ กับการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมหรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่างๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นวิธีที่ ใช้กันมากในการสอนวิทยาศาสตร์ และอยู่บนพื้นฐานของข้อสันนิษฐานในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่ เดิมของผู้เรียนที่ครูนำไปใช้ในการสอน

(2) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแยกการรับรู้ มโนมติ ที่มีอยู่เดิมกับการรับรู้มโนมติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่านักเรียนจำเป็นต้องเห็นว่าสิ่งที่มี

เหตุผลน่าเชื่อถือในสถานการณ์หนึ่ง อาจจะไม่น่าเชื่อถืออีกต่อไปในสถานการณ์อื่นที่แตกต่างและซับซ้อนขึ้น

(3) การแลกเปลี่ยน (Exchange) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมกับมโนมติอันใหม่ เพราะการรับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ดังนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้ที่การรับรู้มโนมติจะมีเหตุผลน่าเชื่อถือได้ทั้งคู่ จะต้องทำให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม ในขณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่า การรับรู้มโนมติใหม่สามารถอธิบายและทำนายได้มากกว่าเดิม

(4) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบริบทที่เหมาะสม ซึ่งมโนมติเชิงนามธรรมที่สำคัญสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์สามัญที่มีความหมาย การตั้งคำถามซึ่งจะต้องตอบโดยใช้มโนมติเชิงนามธรรมที่เพิ่งเรียน จะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่เหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือได้และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ

Stepans (1996) ได้เสนอว่า รูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual Change Model) ที่จะนำพาให้นักเรียนเข้าสู่สภาพแวดล้อมที่กระตุ้นให้นักเรียนเผชิญกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ก่อนและ มโนมติของเพื่อนร่วมชั้นเรียน และเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมตินั้น มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) นักเรียนได้ตระหนักถึงมโนมติเดิมของตนเกี่ยวกับมโนมติ โดยการคิดเกี่ยวกับมโนมติ เดิมและท าการคาดคะเน (ดำเนินการสู่ผลลัพธ์) ก่อนที่กิจกรรมใดๆ จะเริ่มขึ้น

2) นักเรียนแสดงความเชื่อของตนโดยการร่วมแบ่งปันความเชื่อ โดยเริ่มในกลุ่มเล็กๆ และค่อยนำไปสู่ทั้งชั้นเรียน

3) นักเรียนเผชิญกับความเชื่อของตน โดยการทดสอบและการอภิปรายกลุ่มเล็ก

4) นักเรียนทำงานสู่การแก้ไขข้อขัดแย้ง (ถ้ามี) ระหว่างความคิดของนักเรียนในกลุ่ม โดยมีพื้นฐานบนมโนมติเดิมที่ปรากฏและการอภิปรายในชั้นเรียน) และการสังเกตการณ์ เพื่อนำไปสู่มโนมติใหม่

5) นักเรียนขยายมโนมติ โดยการพยายามสร้างความเชื่อมโยงระหว่างมโนมติที่ได้เรียนรู้ ในชั้นเรียนและสถานการณ์ต่างๆ รวมถึงเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

6) นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนามากขึ้น โดยการตั้งคำถามเพิ่มเติม และปัญหาที่พวกเขาเลือกสัมพันธ์หรือใกล้เคียงกับมโนมตินั้นๆ

จากการศึกษาทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติพบว่ามีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ผู้เรียนจะสามารถเกิดการปรับเปลี่ยนมโนมติให้เป็นมโนมติใหม่ เมื่อผู้เรียนมีความไม่พึงพอใจกับมโนมติเดิมนั้น เห็นว่ามโนมติใหม่เป็นสิ่งที่ศึกษาให้เข้าใจได้ และสามารถนำมโนมติใหม่นี้มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ รวมทั้งเห็นว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับเรื่องอื่นๆ ได้ ดังนั้นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติของนักเรียนจึงเป็นไปตามเงื่อนไขของทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ที่สรุปได้ 4 เงื่อนไข ดังนี้ 1) เกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมที่มีอยู่ 2) มโนมติใหม่เป็นสิ่งที่ศึกษาเข้าใจได้ 3) มโนมติใหม่สามารถแก้ปัญหาได้ (plausible) หรือแก้ปัญหาได้จริง (truthful) และ 4) มโนมติใหม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (fruitful)

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ

การจัดการเรียนรู้สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและเป็นการป้องกันไม่ให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Facilitating meaningful learning and preventing misconceptions) หนึ่งในนั้นคือ การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual change approach) (Uzuntiryaki and Geban, 2005) Posner et al. (1982) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงมโนมติเป็นการปิดช่องว่างระหว่างมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกับมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ จึงได้มีผู้ศึกษาและเสนอวิธีการสอน ดังนี้

Osborne และ Wittrock (1983) ได้เสนอรูปแบบการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวสรรคนิยม (The four-step constructist teaching model) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบมโนมติเดิม (Eliciting student's pre-existing ideas) ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนวาดภาพเพื่อตอบคำถาม

2) เน้นมโนมติที่สำคัญ (Focusing on the target concept) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็กๆ เพื่อให้นักเรียนภายในกลุ่มช่วยค้นหาคำตอบเพื่อตอบคำถามของครูและสร้างมโนมติขึ้นจากการทำกิจกรรมขึ้น ในระหว่างขั้นนี้ครูจะเน้นมโนมติที่นักเรียนเข้าใจได้ยากโดยให้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมเพื่อจะใช้อธิบายสิ่งต่างๆ ในขั้นถัดไป แต่ครูจะไม่ชี้นำคำตอบที่ต้องการให้นักเรียนหาคำตอบ

3) ตรวจสอบมโนมติ (Challengeing students' ideas) ครูสำรวจและตรวจสอบความถูกต้องความรู้ของนักเรียนที่ได้สร้างในขั้นที่ 2 ซึ่งครูจะตรวจสอบว่าถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ โดยนักเรียนนำเสนอมโนมติที่ได้รับจากการทำกิจกรรม ถ้าความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นไม่ถูกต้อง ครูจะได้ช่วยให้มโนมตินั้นถูกต้อง

4) ประยุกต์มโนมติในสถานการณ์อื่น (Applying newly constructed ideas to similar situations) ครูถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับการนำมโนมติที่สร้างขึ้นด้วยตนเองไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนมตินั้นๆ เพิ่มมากขึ้น

Stephan (1991) ได้เสนอขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual change model, CCM) 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ตรวจสอบมโนมติเดิม (Commit to a position or outcome phase) ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนมติเดิมของนักเรียน

2) แสดงความเชื่อที่มีต่อมโนมติ (Expose beliefs phase) ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มเพื่อร่วมกันอภิปรายและแบ่งปันความรู้หรือความคิด พยากรณ์และร่วมมือกันให้เหตุผลเกี่ยวกับปัญหาที่ตั้งขึ้นภายในกลุ่มของตนเอง ซึ่งจะเกิดขึ้นก่อนที่จะลงมือทดสอบสมมติฐานของตนเองโดยผ่านการทำกิจกรรม

3) ตรวจสอบมโนมติ (Confront beliefs phase) นักเรียนสามารถตรวจสอบมโนมติที่มีอยู่ผ่านการเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง เพื่อหาข้อเท็จจริง เก็บข้อมูลมาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนการตรวจสอบมโนมติเดิม

4) ปรับมโนมติ (Accommodate the concept phase) นักเรียนจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนมติใหม่ที่ได้จากการสรุป การอภิปราย การโต้วาทีและการรวบรวมข้อมูลใหม่ เพื่อเป็นหลักฐานในการสนับสนุนทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ

5) ขยายมโนมติ (Extend the concept phase) ครูนำเสนอเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์และเชื่อมโยงระหว่างมโนมติใหม่ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

6) นำมโนมติไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Go beyond phase) นักเรียนเป็นผู้แสวงหาสถานการณ์ใหม่นอกเหนือจากสถานการณ์ที่ครูเป็นผู้จัดให้

Lisa M Blank (2000) ได้เสนอวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle) ซึ่งเป็นวงจรการเรียนรู้ภายใต้แนวคิดการเปลี่ยนแปลงโนมติของโพสเนอร์ ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ คือ การจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐาน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจมโนมติที่จะศึกษา

2) ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ คือ การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการสำรวจค้นหามโนมติที่จะศึกษา และดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3) ขั้นการนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ คือ การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบสถานะของมโนมติที่ได้โดยวิธีการต่างๆ

4) ขั้นการประยุกต์ใช้มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ คือการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ และตรวจสอบสถานะของมโนมติ

She (2003) เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) การตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของมโนมติ (Examining the attributes of science concept) ครูตรวจสอบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ของนักเรียน

2) การตรวจสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (Probing the misconception of science concept) ครูตรวจสอบมโนมติเดิมของนักเรียนที่มีอยู่ว่ามีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่ต้องการสอนโดยตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความเข้าใจเนื้อหามโนมตินั้นๆ ทำแบบวินิจฉัยมโนมติที่คลาดเคลื่อน เป็นต้น

3) การวิเคราะห์ผลของการตรวจสอบมโนมติ (Analyzing the attribute of science concept) วิเคราะห์ผลการขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 เพื่อตรวจสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเพื่อนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ไปสร้างสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่ใช้ในการปรับมโนมติของนักเรียนให้ถูกต้อง

4) การออกแบบสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Designing Dual-Situated Learning events) ครูออกแบบสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท ตามคุณลักษณะของมโนมติที่นักเรียนไม่เข้าใจและคลาดเคลื่อนอย่างเฉพาะเจาะจงจากผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 3

5) การนำเสนอสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Instructing with Dual-Situated Learning events) ครูนำเสนอสถานการณ์ที่ได้ออกแบบในขั้นที่ 4 ให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนช่วยกันสร้างและปรับมโนมติที่คลาดเคลื่อน

6) การนำเสนอสถานการณ์ที่ท้าทายให้กับนักเรียน (Challenging Situated Learning events) ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่เพื่อนักเรียนประยุกต์มโนมติที่ได้รับการปรับจากการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ในขั้นที่ 5 เพื่อตรวจสอบว่าสามารถปรับมโนมติเดิมของนักเรียนได้สำเร็จ

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพสเนอร์ ได้มีผู้ศึกษาและเสนอรูปแบบไว้หลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ การสอนมีการตรวจสอบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ และให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อค้นหาข้อเท็จจริงแล้วนำมาสู่บทสรุปและสร้างมโนมติขึ้น โดยในแต่ละรูปแบบการสอนยังมีขั้นในการตรวจสอบดูมโนมติใหม่ที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อแก้ไขให้มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เมื่อพบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน นอกจากนี้ยังมีขั้นที่ผู้เรียนได้นำมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างรูปแบบวงจรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติภายใต้เงื่อนไขตามแนวคิดของโพสเนอร์ ร่วมกับแนวคิดเมตาคอกนิชัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้มีข้อดีคือ ช่วยให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Lawson, 1995) และช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น และสามารถประยุกต์ความรู้ที่เรียนรู้ได้ (Carin, 1993) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันยังเน้นให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบมโนมติของตนเองในทุกๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ จนนำไปสู่การมีมโนติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

การจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

1. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

1) แนวคิดเกี่ยวกับเมตาคอกนิชัน

(1) ความหมายของเมตาคอกนิชัน

จากการศึกษา พบว่าได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของเมตาคอกนิชัน ดังนี้

Flavell (1979) ให้ความหมายว่า เมตาคอกนิชันหมายถึง การที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการคิด สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดของตนเอง อาจจะปรากฏเป็นความรู้หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมาย มีทิศทาง หรือเรียกว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด

Derry และ Murphy (1986) ให้ความหมายว่า เมตาคอกนิชัน หมายถึง ความตระหนักและความรู้ของผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นความสามารถหรือนิสัยที่จะควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเองระหว่างเรียน

Beyer (1987) ให้ความหมายว่า เมตาคอกนิชัน เป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด (thinking about thinking) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางแผนในการทำงาน การสังเกตหรือตรวจสอบความก้าวหน้า การประเมินผลงานหรือกิจกรรม รวมทั้งการปรับปรุงงานหรือกิจกรรมให้สำเร็จตามแผนที่วางไว้

ดังนั้น สรุปได้ว่า เมตาคอกนิชัน หมายถึง การรู้คิดของบุคคลในกระบวนการคิดของตนเอง โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาหรือข้อมูลการวางแผนกำกับ และการประเมิน

(2) กรอบทฤษฎีการประมวลผล (Information Processing Theory) กับแนวคิดเมตาคอกนิชัน

Klausmeier (1985) ได้อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์โดยการเปรียบเทียบกับการทำงานของคอมพิวเตอร์กับการทำงานของสมอง ซึ่งมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้ 1) การรับรู้ข้อมูล (Input) โดยผ่านทางอุปกรณ์หรือเครื่องรับข้อมูล 2) การเข้ารหัส (encoding) โดยอาศัยชุดคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ 3) การส่งข้อมูลออก (output) โดยผ่านทางอุปกรณ์ เปรียบเทียบได้กับกระบวนการประมวลผลข้อมูลของสมองมนุษย์ โดยเริ่มจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้ามาทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งเร้าที่เข้ามาจะได้รับการจดบันทึกไว้ในความทรงจำระยะสั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ การรู้จัก และความสนใจของบุคคลที่รับสิ่งเร้า ซึ่งในการทำงานต้องมีการเก็บข้อมูลไว้ชั่วคราว อาจจะ

จำเป็นต้องใช้เทคนิคต่างๆในการช่วยจำ เมื่อบุคคลต้องการเก็บข้อมูลที่เข้ามาใช้ในภายหลัง ข้อมูลนี้จำเป็นต้องใช้เทคนิคต่างๆเข้ามาช่วย เพื่อทำความเข้าใจในข้อมูลนั้นหรือทำให้ข้อมูลนั้นมีความหมายกับตนเอง โดยสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่ได้เคยเรียนรู้มาก่อน กระบวนการทางสมองในการประมวลผลดังกล่าว จะได้รับการบริหารอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งการบริหารข้อมูลของสมองก็คือ การที่บุคคลรู้ถึงการคิดของตนเอง สามารถควบคุมความคิดของตนให้เป็นไปในทางที่ตนต้องการ และสามารถเลือกวิธีการคิดของตนเองเพื่อให้การคิกเกิดประสิทธิภาพสูงสุด การรู้ในลักษณะนี้เรียกว่า เมตาคอกนิชัน หรือการควบคุมการคิด ซึ่งหมายถึงการตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้และความสามารถของตนเอง สามารถใช้ความเข้าใจในการรู้ดังกล่าวในการจัดการควบคุมระบบการคิด การทำงานของตนเองได้

ดังนั้นจึงสามารถอธิบายเมตาคอกนิชันในกรอบทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลได้ว่า กระบวนการเริ่มต้นด้วยการใส่ใจ การรับรู้ นั่นคือเมตาคอกนิชันให้เป้าหมายแก่ความใส่ใจของผู้เรียน ละมีบทบาทในการรับรู้ โดยตระหนักว่าตนมีการรับรู้บางอย่างผิดพลาด จึงชะลอการตัดสินใจเอาไว้จนกว่าจะมีข้อมูลเพียงพอ แสดงว่ามีการตระหนักรู้และมีการควบคุมการรับรู้ของตนเอง

2) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ (Conceptual Chang Theory)

กล่าวว่า การเรียนรู้เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมโนมติใหม่กับมโนมติพื้นฐานที่มีอยู่ ประกอบด้วยกระบวนการเรียนรู้สองกระบวนการ คือ

(1) กระบวนการดูดซึม “assimilation” (Piaget, 1995) หรือ “conceptual capture” (Hewson & Hewson, 1992) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนดูดซึมมโนมติใหม่โดยผู้เรียนมีความเข้าใจได้ (Intelligibility) เป็นไปได้ (Plausibility) และมโนมติมีประโยชน์ (Fruitfulness) ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากผู้เรียนมักยอมรับมโนมติใหม่ได้ง่ายเมื่อมโนมติใหม่มีความสอดคล้องกับมโนมติพื้นฐานที่มีอยู่ ดังนั้นเมื่อผู้เรียนมีมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้องอยู่แล้ว ครูจึงควรนำเสนอมโนมติใหม่ที่มีความสอดคล้องกับมโนมติพื้นฐาน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมองเห็นว่ามโนมติที่ถูกต้องเหล่านี้มีความเข้าใจได้ เป็นไปได้ และมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

(2) กระบวนการปรับให้เหมาะ “accommodation” (Piaget, 1995) หรือ “conceptual exchange” (Hewson, 1992) โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อมโนมติใหม่ไม่สอดคล้องกับมโนมติพื้นฐานที่มี ผู้เรียนจึงพยายามปรับเปลี่ยนมโนมติพื้นฐานที่คลาดเคลื่อนเพื่อให้สอดคล้องกับมโนมติใหม่ โดย Posner และคณะ (1982) ได้ให้ความเห็นว่ากระบวนการปรับให้

เหมาะนี้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ 1) ผู้เรียนเกิดความไม่พึงพอใจในมโนมติพื้นฐานที่มีอยู่ (Dissatisfaction) เมื่อนักเรียนต้องเผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์ที่ไม่สามารถหาข้อสรุปได้โดยใช้ความรู้เดิมที่มี 2) เห็นว่ามโนมติใหม่มีความเข้าใจได้ (Intelligibility) เมื่อนักเรียนเห็นว่ามโนมติใหม่ก่อให้เกิดประสบการณ์ที่เพียงพอต่อการแสวงหาความเป็นไปได้ต่างๆ 3) มีความเป็นไปได้ (Plausibility) เมื่อนักเรียนเห็นว่ามโนมติใหม่สามารถใช้แก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ที่ต้องการได้ และ 4) มีประโยชน์ (Fruitfulness) เมื่อนักเรียนเห็นว่ามโนมติใหม่มีประโยชน์ต่อการใช้ในบริบทอื่น

ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่าแนวคิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติของโพสเนอร์และคณะประกอบด้วยเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ 4 เงื่อนไข ได้แก่ 1) การไม่พึงพอใจ (Dissatisfaction) 2) ความเข้าใจได้ (Intelligibility) 3) ความเป็นไปได้ (Plausibility) และ 4) การนำไปใช้ประโยชน์ (Fruitfulness)

2. ความเป็นมาของรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

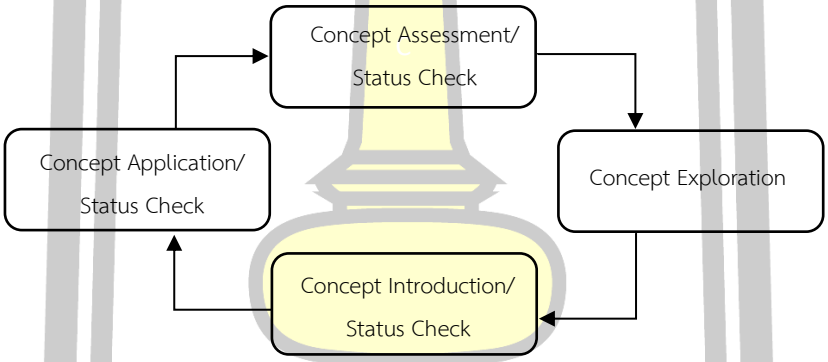
Lisa M Blank (2000) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ของภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมอนทานา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างรูปแบบวงจรการเรียนรู้ของ Barman (1989) ที่ถูกพัฒนามาจากวงจรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ Karplus (1967) ร่วมกับแนวคิดเมตาคอกนิชันภายใต้แนวคิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติตามแนวคิดของ Posner et al. (1982)

Karplus (1967) เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อใช้สำหรับโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) 2. ขั้นการสร้างความรู้ (invention) และ 3. ขั้นการค้นพบ (discovery)

ต่อมา Barman (1989) ได้มีการดัดแปลงและพัฒนาวงจรการเรียนรู้มากจาก 3 ขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นความไม่สมดุลทางความคิดของผู้เรียน และช่วยให้เกิดการปรับขยายความคิด 2. ขั้นแนะนำมโนมติ (Explanation) นักเรียนและครูร่วมมือกันสร้างแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน โดยครูเลือก และจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียนที่พึงประสงค์ 3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนมติ (Expansion) ผู้เรียนสามารถจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดที่นักเรียนได้มาจากการค้นพบ เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่

คล้ายคลึงกัน และค้นพบการประยุกต์ใช้สิ่งใหม่สำหรับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว และ 4. ขั้นประเมินผลและอภิปราย (Evaluation) เป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้

Lisa M Blank (2000) ได้นำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ของ Barman 4 ขั้น มาผนวกเข้ากับแนวคิดเมตาคอกนิชันกับทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของ Posner et al. (1982) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบสถานะ (status check) ของมโนมติพื้นฐานและในการเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนมติที่ถูกต้อง โดยเป็นไปตามเงื่อนไขการเปลี่ยนมโนมติของ Posner 4 เงื่อนไข ได้แก่ 1) การไม่พึงพอใจ (Dissatisfaction) 2) ความเข้าใจได้ (Intelligibility) 3) ความเป็นไปได้ (Plausibility) และ 4) การนำไปใช้ประโยชน์ (Fruitfulness) และนำเสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบใหม่ขึ้นว่า โดยให้ชื่อรูปแบบวงจรการเรียนรู้ว่า “วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน” (Metacognitive Learning Cycle: MLC)



ภาพที่ 1 วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Lisa M Blank, 2000: 489)

3. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

Lisa M Blank (2000) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) ในขั้นนี้นักเรียนตรวจสอบมโนมติพื้นฐานว่าเป็นมโนมติที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน โดยการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ถ้าพบว่ามโนมติพื้นฐานที่มีอยู่นั้นคลาดเคลื่อนต้องมีการแก้ไขให้เป็นมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้อง

2) ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ (Concept Exploration) ขั้นนี้นักเรียนออกแบบวิธีการสำรวจ หรือค้นหามโนมติที่จะศึกษา ดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3) ขั้นนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status check) ขั้นนี้นักเรียนนำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบมโนมติที่ได้โดยวิธีการต่างๆ

4) ขั้นประยุกต์มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status check) ขั้นนี้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ และตรวจสอบมโนมติว่ามีประโยชน์นำไปใช้แก้ปัญหาได้

ALRwaythi (2012) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นประเมินมโนมติ (Prior Concept Assessment) คือ การประเมินความรู้หรือมโนมติที่จะใช้ในการสอนความรู้ครั้งต่อไป เพื่อหามโนมติที่คลาดเคลื่อนในความรู้นั้นๆ และอภิปรายคำตอบที่นักเรียนตอบคำถาม

2) ขั้นค้นหามโนมติ (Concept Exploration) คือ ขั้นที่ฝึกให้นักเรียนทำการออกแบบ ดำเนินการทำกิจกรรม และการประเมินผล โดยฝึกให้นักเรียนหัดตั้งคำถามในระหว่างการวางแผน ทำกิจกรรม และประเมินผล เพื่อค้นหามโมติที่ศึกษาหาคำตอบ และเขียนลงในใบกิจกรรม โดยครูเป็นผู้สังเกตการ

3) ขั้นนำเสนอมโมติ (Concept Introduction) คือ นักเรียนนำเสนอแผนและผลการดำเนินการในขั้นการค้นหามโนมติ และตรวจสอบแนวคิดและมโนมติของนักเรียนที่ได้รับ และปรับให้มีการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และสรุปผลลงในใบกิจกรรม

4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนมติ (Concept Application) คือ นักเรียนใช้เทคนิคการสืบเสาะด้วยตนเองอภิปรายความสำคัญของมโนมติที่ศึกษาและประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ในชีวิตจริง และนำเสนอผลคำตอบกับกลุ่มอื่นๆ พร้อมเขียนสรุปคำตอบลงในใบกิจกรรม

5) ขั้นประเมินมโมติที่ได้ (Post Concept Assessment) คือ การประเมินกิจกรรมและความเข้าใจมโนมติที่เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้สอน

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ขั้นตอนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่ถูกนำเสนอโดย Lisa M Blank (2000) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) 2) ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ (Concept Exploration)

3) ขั้นนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status check) และ 4) ขั้นประยุกต์มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status check)

4. บทบาทครูและนักเรียน

ในการนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันไปใช้ในการจัดกิจกรรม จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องทราบเกี่ยวกับบทบาทครูและนักเรียนเพื่อให้จัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ โดยบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน เป็นดังนี้

Lisa M Blank (2000) ได้อธิบายถึงบทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ดังนี้

บทบาทครู

1. ครูเป็นผู้กำหนดคำถามเพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของตนเองว่าเป็นมโนมติที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน และคอยแนะนำแก้ไขเพื่อให้นักเรียนมีมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้องก่อนจะศึกษามโนมติต่อไป

2. ครูเป็นผู้จัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้ในการสำรวจค้นหามโมติ และคอยสังเกตการทำกิจกรรม และให้คำแนะนำในการทำกิจกรรมแก่นักเรียน

3. ครูเป็นผู้สังเกตกิจกรรมการนำเสนอมโนมติของนักเรียน และคอยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนมติของนักเรียน รวมทั้งให้คำแนะเกี่ยวกับการใช้ภาษาและคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

4. ครูเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ใหม่เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ หรือมโนมติที่ได้จากการสำรวจค้นหา มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้นซึ่ง

บทบาทนักเรียน

1. นักเรียนเป็นผู้ตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติ และเหตุผลที่สนับสนุน รวมทั้งแก้ไขให้ถูกต้องหากนักเรียนยังมีความเข้าใจผิด หรือมีมโนมติพื้นฐานที่คลาดเคลื่อนอยู่

2. นักเรียนเป็นผู้ออกแบบวิธีการสำรวจหรือค้นหามโนมติที่จะศึกษา และดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3. นักเรียนเป็นผู้นำเสนอผลการดำเนินการ การวิเคราะห์ผลและสรุปผล โดยนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบมโนมติที่ได้โดยการตอบคำถามที่ครูกำหนดขึ้น

4. นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบมโนมติว่ามีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร โดยนักเรียนนำมโนมติที่ได้จากการศึกษาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

ALRwaythi (2012) ได้ศึกษาและพัฒนาวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันของ Blank (2000) โดยได้กล่าวถึงบาทบาทของครูผู้สอนและนักเรียน ดังนี้

บทบาทครู

1. ครูเป็นผู้ประเมินสถานะหรือความรู้ก่อนหน้าของแนวคิดที่จะสอนเพื่อหามโนมติที่คลาดเคลื่อนก่อนหน้านี้ของนักเรียน รวมทั้งร่วมอภิปรายคำตอบของนักเรียน พร้อมยกตัวอย่างคำตอบที่แสดงมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้อง

2. ครูเป็นผู้แนะนำเกี่ยวกับการวางแผน การใช้อุปกรณ์เครื่องมือ และการประเมินการปฏิบัติกิจกรรม ตลอดจนฝึกให้นักเรียนตั้งคำถามในขณะที่นักเรียนวางแผน ดำเนินการ และประเมินผล และคอยสังเกตและให้คำแนะนำนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรมการค้นหามโนมติและการนำเสนอมโนมติ

3. ครูเป็นผู้คอยช่วยปรับความคิดและมโนมติของนักเรียนให้มีการใช้ภาษาที่เป็นทางการและถูกต้องตามทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น รวมทั้งการใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

4. ครูกำหนดสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงเพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาหรือแก้ไข้สถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น

5. ครูประเมินการทำกิจกรรม และกำหนดวิธีการตรวจสอบมโนมติที่นักเรียนได้จากการศึกษา และทำการประเมินมโนมติใหม่ที่นักเรียนมี

บทบาทนักเรียน

1. นักเรียนตอบคำถาม และอภิปรายคำตอบที่แสดงถึงมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้องร่วมกับครูผู้สอน รวมทั้งอธิบายถึงความสำคัญของมโนมติ

2. นักเรียนเป็นผู้วางแผนการดำเนินการ ปฏิบัติกิจกรรม และประเมินผล เพื่อค้นหามโนมติในเรื่องที่ศึกษา และตอบคำถามในใบกิจกรรมการสำรวจค้นหา

3. นักเรียนเป็นผู้นำเสนอเกี่ยวกับแผนการดำเนินการ ผลการดำเนินการ รวมทั้งมโนมติที่นักเรียนค้นพบจากการดำเนินการค้นหามโนมติ บันทึกผลสรุปลงในใบกิจกรรม

4. นักเรียนเป็นผู้อภิปรายความสำคัญของมโนมติที่ได้ศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง รวมทั้งร่วมกันนำเสนอคำตอบกับกลุ่มอื่นๆ และตอบคำถามในใบกิจกรรม พร้อมทั้งเขียนสรุปผลในส่วนที่เกี่ยวข้องกับใบกิจกรรม

5. นักเรียนตรวจสอบมโนมติที่ได้จากการศึกษาตามวิธีการที่ครูกำหนดขึ้น

จากบทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่กล่าวมาข้างต้น สรุปเป็นตารางและแสดงรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (ปิยะมาศ บุญประกอบ, 2554)

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ	1. ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของนักเรียน 2. แก้ไขมโนมติพื้นฐานที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้องโดยการให้นักเรียนตรวจสอบสถานะของมโนมติ 3. เชื่อมโยงความสำคัญของมโนมติพื้นฐานไปสู่มโนมติใหม่ 4. ตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปขั้นสำรวจค้นหามโนมติ	1. ตอบคำถามเพื่อแสดงมทัศน์พื้นฐาน แสดงเหตุผลสนับสนุนการเชื่อมโนมตินั้น 2. ตรวจสอบสถานะของมโนมติพื้นฐาน

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นสำรวจ ค้นหาโนมติ	1. จัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม 2. ให้คำปรึกษา กระตุ้น แนะนำนักเรียนในการทำกิจกรรม	1. ออกแบบกิจกรรมที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ วิธีการทดลอง การบันทึกผล โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดหา 2. ลงมือปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกต ตั้งคำถาม สำรวจ ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล จดบันทึก โดยอาจเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล 3. รวบรวมข้อมูลเตรียมนำเสนอผลการทดลอง
ขั้นนำเสนอมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ	1. ให้โอกาสนักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม 2. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อลงข้อสรุป 3. ใช้คำถามเพื่อทดสอบความรู้ของมโนมติเรื่องนั้นๆ	1. นำเสนอผลการทดลอง 2. ตอบคำถาม และร่วมอภิปรายเพื่อลงข้อสรุป 3. นำเสนอมโนมติ 4. ตรวจสอบสถานะของมโนมติที่ได้มา
ขั้นประยุกต์มโนมติ/ตรวจสอบสถานะ	1. จัดหาสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ ที่นักเรียนสามารถนำมโนมติมาอธิบาย หรือแก้ปัญหาได้ 2. กระตุ้นให้นักเรียนใช้มโนมติมาอธิบาย หรือแก้ปัญหา 3. ร่วมอภิปราย ตอบคำถาม แนะนำ ในประเด็นที่นักเรียนสงสัย	1. นำมโนมติใหม่มาอธิบายแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ หรือปัญหาใหม่ 2. ลงข้อสรุปมโนมติใหม่นั้นทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น สอดคล้องกับความรู้อื่นที่นักเรียนเคยเจอมาก่อน และสามารถนำมาใช้อธิบาย หรือแก้ปัญหาได้จริง 3. ตรวจสอบสถานะของมโนมติที่ได้มา

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) คือ นักเรียนตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐาน พร้อมแสดงเหตุผลสนับสนุนมโนมตินั้น รวมทั้งครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและเชื่อมโยงไปสู่มโนมติที่จะศึกษา

2. ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ (Concept Exploration) คือ นักเรียนออกแบบวิธีการสำรวจ ค้นหามโนมติที่จะศึกษา และดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3. ขั้นการนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status check) คือ นักเรียนนำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนติในเรื่องที่นักเรียนได้ทำการศึกษา

4. ขั้นการประยุกต์ใช้มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status check) คือ นักเรียนได้นำมโนมติในเรื่องที่ศึกษามาใช้อธิบาย หรือแก้ปัญหานั้นในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Fetherstonhuagh and Treagust (1992) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนเรื่องแสง ในการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้กลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติของ Posner et al. (1982) ทำการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 8 และเกรด 10 เขตเมืองและชนบทของประเทศออสเตรเลียตะวันตก โดยเปรียบเทียบความรู้ก่อนและหลังเรียนเรื่องแสงของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 16 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบ 16 ข้อระหว่าง นักเรียนเขตชาญเมืองและนักเรียนในเขตชนบท มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อจบกระบวนการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้กลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Posner et al. (1982) แล้วพบว่า การเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนในเขตชนบทมีการเปลี่ยนแปลงที่ สูงขึ้น

Lisa M Blank (2000) ได้ทดลองสอนเนื้อหานิเวศวิทยากับนักเรียนในโรงเรียนมัธยมในเขตชานเมืองเป็นเวลา 3 เดือน นักเรียนห้องแรกเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันเป็นวงจรเรียนรู้ที่ใช้การรู้คิด ซึ่งประกอบด้วยขั้นประเมินความคิด ขั้นสร้างความคิด ขั้นนำความคิด และ

ขั้นนำความคิดไปใช้ มีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสะท้อนสถานภาพความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตน โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด คือ ความไม่พึงพอใจในแนวคิด แนวคิดใหม่สามารถเข้าใจได้ แนวคิดใหม่มี ความน่าเชื่อถือ และแนวคิดใหม่สามารถนำไปใช้ได้กว้างขวาง ส่วนนักเรียนอีกห้องเป็นกลุ่มควบคุม เรียนบทเรียนเดียวกับกลุ่มทดลองแต่ไม่มีการใช้การรู้คิด ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจอย่างมีความหมายในเรื่องนิเวศวิทยาได้มากกว่าและคงทนกว่ากลุ่มควบคุม แต่นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้ในเนื้อหาสาระไม่แตกต่างกัน การวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์การเรียนวิทยาศาสตร์ แนวความคิดและความเข้าใจได้ดี

ALRwaythi (2012) ได้ศึกษาพัฒนาการสอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle, MLC) ของ Lisa M Blank (2000) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่พัฒนา ในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหญิงเกรด 11 จากโรงเรียนมัธยม 20 แห่ง ในรียาดซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศซาอุดีอาระเบีย โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่พัฒนา และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวิธีปกติ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่พัฒนามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ปิยะมาศ บุญประกอบ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนามโนมติในการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนมติเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน และเปรียบเทียบมโนมติเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันกับแบบปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ แบบวัดมโนมติเรื่องแรงและการเคลื่อนที่แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ธิชานันท์ บุตรวิเศษ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากปัญหา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศรีธาตุพิทยาคม อำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 43 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา แบบวัดมโนมติเรื่องไฟฟ้าเคมีแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมให้เขียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม จำนวน 15 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมีแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ พบว่าหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา นักเรียนมีมโนมติหลังเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี ที่มีลักษณะเป็นความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยมีความไม่เข้าใจมโนมติเชิงวิทยาศาสตร์และมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง และมีจำนวนนักเรียน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 76.75 ของนักเรียนทั้งหมด มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

นฤดล บรรจง (2557) ได้ศึกษาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมีของผู้เรียนก่อนและหลังใช้ยุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์ และเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติของผู้เรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทศบาลวัดกลาง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีโดยใช้ยุทธาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์ แบบวัดมโนมตทางวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมีแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมให้เขียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม จำนวน 15 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนก่อนเรียนมีความเข้าใจมโนมติตั้งแต่ระดับไม่มีความเข้าใจในมโนมติจนถึงระดับความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ และหลังจากการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติมากขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดน้อยลงทุกมโนมติ โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สนทยา บ้งพรม (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมีด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย สังเกต อธิบายในขั้นขยายความรู้ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย สังเกต อธิบายเรื่องไฟฟ้าเคมี และแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมีแบบปรนัย 4 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบจำนวน 30 ข้อ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยมโนมติก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มโนมติที่ยังมีนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือเรื่องเซลล์กัลวานิก และมีมโนมติผิดมากที่สุดในเรื่องการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการป้องกันการผุกร่อนด้วยวิธีแคโทดิก

พาณิชย์ แน่นอุดร (2563) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และมโนมติทางเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และมโนมติทางเคมีเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ SSCS และเปรียบเทียบมโนมติทางเคมีเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ SSCS กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา จำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ SSCS เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี แบบทดสอบการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดมโนมติทางเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และมีมโนมติทางเคมีเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีมโนมติทางเคมีเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี หลังจากการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ SSCS สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์รายวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี และเซลล์ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนอย่างหลากหลาย แต่เนื่องจากผู้วิจัยพบว่า ในประเทศไทยนั้นการจัดการเรียนการสอนตามตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันยังมีน้อย เป็นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจในการศึกษาว่าจะสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ได้มากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนา

มโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในรายวิชาเคมี เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การสอนในรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าเคมี เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognition Learning Cycle) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย ลิซา เอม แบลงค์ (Lisa M Blank, 1999) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) คือ การจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐาน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจมโนมติที่จะศึกษา

2) ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ (Concept Exploration) คือ การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการสำรวจ ค้นหามโนมติที่จะศึกษา และดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3) ขั้นการนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status Check) คือ การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบสถานะของมโนมติที่ได้โดยวิธีการต่างๆ

4) ขั้นการประยุกต์ใช้มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status Check) คือ การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ และตรวจสอบสถานะของมโนมติ

↓

มโนมติทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพสเนอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โรงเรียนวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 35 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในกำกับดูแลของผู้วิจัย ที่ได้เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ซึ่งผู้วิจัยมีวิธีการในการเลือกกลุ่มเป้าหมาย โดยสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าเคมี เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 35 คน ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือกพร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม จำนวน 5 ข้อ พบว่านักเรียนทั้ง 35 คน ยังมีคำตอบที่แสดงถึงการมีความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าไป (NU) โดยผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติของนักเรียนแสดงผลในตาราง 4 และจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับมโนมติดังแสดงผลในตาราง 3

ตาราง 3 ระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

คนที่	ระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์					ผลการประเมิน
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	
1	NU	AC	PS	PU	AC	ไม่ผ่าน
2	AC	AC	PU	PS	AC	ไม่ผ่าน
3	AC	NU	PS	PS	AC	ไม่ผ่าน
4	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
5	NU	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
6	PS	AC	AC	AC	NU	ไม่ผ่าน
7	AC	NU	NU	AC	NU	ไม่ผ่าน
8	NU	AC	PS	PU	AC	ไม่ผ่าน
9	NU	PS	NU	PS	PS	ไม่ผ่าน
10	AC	PS	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
11	PS	PS	PS	PU	PS	ไม่ผ่าน
12	PS	PS	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
13	AC	PS	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
14	AC	PS	AC	NU	NU	ไม่ผ่าน
15	NU	NU	AC	NU	NU	ไม่ผ่าน
16	PS	AC	PS	PU	AC	ไม่ผ่าน
17	PS	AC	AC	NU	PS	ไม่ผ่าน
18	AC	AC	NU	PS	NU	ไม่ผ่าน
19	AC	NU	PS	NU	NU	ไม่ผ่าน
20	AC	AC	NU	NU	NU	ไม่ผ่าน
21	NU	PS	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
22	AC	NU	PU	PU	NU	ไม่ผ่าน
23	AC	PS	PS	PS	AC	ไม่ผ่าน
24	NU	NU	PS	PS	NU	ไม่ผ่าน
25	AC	NU	NU	PU	AC	ไม่ผ่าน

ตาราง 3 (ต่อ)

คนที่	ระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์					ผลการประเมิน
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ไม่ผ่าน
26	PS	PS	AC	PU	PS	ไม่ผ่าน
27	AC	PS	NU	NU	NU	ไม่ผ่าน
28	AC	PU	NU	PS	AC	ไม่ผ่าน
29	PS	AC	NU	AC	NU	ไม่ผ่าน
30	AC	NU	NU	PU	AC	ไม่ผ่าน
31	PS	PS	NU	PU	AC	ไม่ผ่าน
32	PS	AC	NU	AC	PS	ไม่ผ่าน
33	AC	NU	PU	NU	AC	ไม่ผ่าน
34	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
35	AC	PS	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์						0 คน (ร้อยละ 0.00)
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์						35 คน (ร้อยละ 100.00)

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาระดับมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 35 คน พบว่านักเรียนทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 ยังมีความเข้าใจมโนมติส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าไป (NU)

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์									
	CU	ร้อยละ	PU	ร้อยละ	PS	ร้อยละ	AC	ร้อยละ	NU	ร้อยละ
1	0	0.00	0	0	9	25.71	19	54.29	7	20.00
2	0	0.00	1	2.86	14	40.00	11	31.43	9	25.71
3	0	0.00	7	20.00	9	25.71	8	22.86	11	31.43
4	0	0.00	9	25.71	8	22.86	11	31.43	7	20.00
5	0	0.00	0	0	5	14.29	18	51.43	12	34.29
รวม	0	0.00	17	9.71	45	25.71	67	38.29	46	26.29

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาระดับมโนมติจากคะแนนจากการตอบแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 35 คน พบว่า นักเรียนทั้งหมดไม่มีความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) แต่มีความเข้าใจระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในบางมโนมติจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 9.71 และพบว่ามโนมติส่วนใหญ่ของนักเรียนอยู่ในระดับคลาดเคลื่อนตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจ (NU) ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คิดเป็นร้อยละ 26.29, 38.29, และ 24.71 ตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนานักเรียนที่ยังมีมโนมติระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับคลาดเคลื่อนตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 35 คน ให้มีมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือมีความเข้าใจระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ทุกมโนมติ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ(Action Research) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผน (Plan)
2. ขั้นปฏิบัติ (Act)
3. ขั้นสังเกต (Observe)
4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การดำเนินการวิจัย ดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่

วงจรปฏิบัติการที่ 1
1. เซลล์กัลป์วานิก
2. แผนภาพเซลล์กัลวานิก
3. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

วงจรปฏิบัติการที่ 2
1. เซลล์อิเล็กโทรไลต์
2. การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

วงจรปฏิบัติการที่ 3
1. การชุบด้วยโลหะ
2. การแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า

โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 สำรวจสภาพปัญหาของผู้เรียนรวมทั้งความต้องการและศักยภาพพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวาปีปทุม ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการสัมภาษณ์ครูผู้สอน

1.2 พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งได้แก่แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

1.3 วัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

1.4 ศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมาย

1.5 ดำเนินการสร้างเครื่องมือวิจัย ได้แก่

1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

2) แบบสังเกตพฤติกรรม

3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน

4) แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ที่สร้างขึ้นมาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจริงในห้องเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 35 คน โดยแผนที่สร้างในวงจรที่ 1 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์กัลวานิก (2)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเซลล์กัลวานิก (1)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe)

นำเครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบสังเกตพฤติกรรมไปประเมินนักเรียนในระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 3) สัมภาษณ์นักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการทดลอง (Reflect)

วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดของงานวิจัยหรือไม่ หากยังไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จะต้องดำเนินการพัฒนาจนกระทั่งบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยจะนำข้อมูลที่ได้จาก แบบสังเกตพฤติกรรมพฤติกรรมนักเรียน ระดับมโนมติที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และสัมภาษณ์นักเรียน มาวิเคราะห์ วิจารณ์ อภิปราย และประเมินผล เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน ทำการปรับปรุงการเรียนการสอนและวางแผนการทดลองในวงจรต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้จากผลการวิเคราะห์จากวงจรปฏิบัติการที่ 1

1.2 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน โดยผู้วิจัยเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ ออกแบบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมที่เป็นมโนมติที่มีความเกี่ยวเนื่องกันกับเนื้อหาที่นักเรียนจะศึกษาก่อน ในการทำกิจกรรมแบบกลุ่ม ผู้วิจัยมีการจัดกลุ่มโดยคละความสามารถให้นักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อนอยู่ด้วยกัน มีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความมั่นใจกล้าที่จะแสดงออก และตอบคำถาม รวมทั้งการเลือกใช้สื่อที่เป็นวีดีโอที่มีลักษณะเป็นการ์ตูนมาใช้ โดยความยาววีดีโอไม่มากเกินไป นอกจากนี้ยังเน้นแก้ปัญหาในการเขียนสรุปความของนักเรียน โดยมีการอธิบายหลักและวิธีการเขียนสรุปความ พร้อมการยกตัวอย่างประกอบ เพื่อให้สามารถเขียนสรุปความได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ที่สร้างขึ้น มาใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรที่ 2 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (2)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (1)

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

นำเครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบสังเกตพฤติกรรมไปประเมินนักเรียนในระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3) สัมภาษณ์นักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU)

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการทดลอง (Reflect)

วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดของงานวิจัยหรือไม่ และวิเคราะห์วิจารณ์ อภิปราย และประเมินผล เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2

1.2 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน โดยเน้นการแก้ปัญหาด้านการเขียนสรุปผลการทดลอง และการสรุปความ ซึ่งนอกจากการอธิบายวิธีการและเทคนิคพร้อมกับการยกตัวอย่างประกอบแล้ว ผู้วิจัยยังมีการยกตัวอย่างให้นักเรียนได้ฝึกการเขียนสรุปผลการทดลอง และการเขียนสรุปความเพื่อให้นักเรียนได้มีความเคยชินและเกิดความชำนาญ สามารถเขียนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ รวมทั้งการเลือกใช้สื่อวีดีโอสำหรับการแสดงปรากฏการณ์ต่างๆ แทนการใช้สื่อที่เป็นภาพนิ่ง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเน้นวิธีการและแนวทางสืบค้นข้อมูลของนักเรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ โดยมีการชี้แนะแนวทางในการสืบค้นข้อมูล และแหล่งข้อมูลในการสืบค้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ที่สร้างขึ้นมาใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรที่ 3 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การชุบด้วยโลหะ (1)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 การแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า (2)

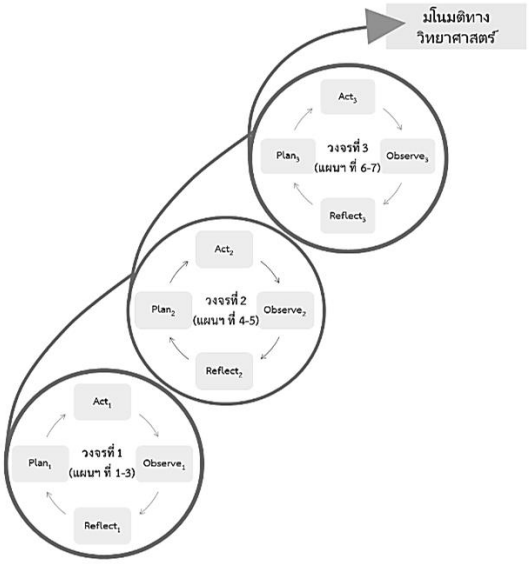
ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

นำเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU)

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการทดลอง (Reflect)

วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3 ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดของงานวิจัยหรือไม่

การวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 วงจร โดยมีลำดับการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการสรุปดังแผนภาพที่ 2 ประกอบ



ภาพที่ 2 ลำดับการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลาสอน 11 ชั่วโมง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยได้แก่

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์กัลวานิก (2 ชั่วโมง)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเซลล์กัลวานิก (1 ชั่วโมง)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (2 ชั่วโมง)

วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (1 ชั่วโมง)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (2 ชั่วโมง)

วงจรปฏิบัติการที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การชุบด้วยโลหะ (1 ชั่วโมง)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า (2 ชั่วโมง)

2. แบบสังเกตพฤติกรรม

3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน

4. แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

1.1 ศึกษาเนื้อหาเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนและออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

1.3 ศึกษาคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระสำคัญ และจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แสดงดังตาราง 5

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

สาระเคมี 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัติและปฏิกิริยาของกรด–เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	1	ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	เซลล์กัลวานิก	เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อเข้าด้วยกัน และเชื่อมวงจรภายในให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อไว้ระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์	1. นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมได้ 2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้ 3. นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทดลอง	2

ตาราง 5 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	2	ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	แผนภาพเซลล์กัลวานิก	แผนภาพเซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ กลุ่มสัญลักษณ์ที่แสดงเซลล์กัลวานิกหนึ่ง ๆ ซึ่งบอกให้ทราบถึงชนิดของครึ่งเซลล์ องค์ประกอบของแต่ละครึ่งเซลล์ และขั้วไฟฟ้าของเซลล์	1. นักเรียนสามารถอธิบายและสรุปหลักการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้ 3. นักเรียนตรงเวลา และมีความรับผิดชอบในการทำงาน	1

ตาราง 5 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	3	ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของเซลล์ไฟฟ้าเคมี เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (Ecell) ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนในเซลล์ อุณหภูมิ และความดันย่อยของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของเซลล์ ถ้าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของเซลล์กัลวานิก หาได้จากการใช้แต่ละครึ่งเซลล์ที่มีความเข้มข้นของไอออนบนเซลล์เท่ากับ 1 โมลต่อลิตร ความดันย่อยของก๊าซที่เกี่ยวข้องเท่ากับ 1 บรรยากาศ และทำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์นี้ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มาตรฐาน (Ecell)	1. นักเรียนสามารถอธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้ 3. นักเรียนตรงเวลา และมีความรับผิดชอบในการทำงาน	2

ตาราง 5 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
2	4	ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์	เซลล์อิเล็กโทรไลต์	เซลล์อิเล็กโทรไลต์ คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี กล่าวคือ เมื่อผ่านกะแสไฟฟ้าเข้าไปในเซลล์ จะทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นในเซลล์นั้น เซลล์ประเภทนี้จะมีค่า $E^0_{cell} < 0$ (เครื่องหมายติดลบ) และภายในเซลล์อิเล็กโทรไลต์จะมีสารอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งสารนี้สามารถจะแตกตัวเป็นไอออนบวก และไอออนลบ ทำให้เกิดนำไฟฟ้าได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการและส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลติกได้ 2. นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์กับเซลล์กัลวานิกได้ 3. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่อง กระบวนการเกิดอิเล็กโทรไลซิสของน้ำได้ 4. นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทดลอง	1

ตาราง 5 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
2	5	คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น	การคำนวณหาค่า Eo ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของเซลล์ไฟฟ้าเคมีเรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (Ecell) ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนในเซลล์ อุณหภูมิ และความดันย่อยของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของเซลล์ ถ้าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มีค่า $E^0_{cell} < 0$ (เครื่องหมายติดลบ) จะทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นในเซลล์นั้นได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้ได้ 3. นักเรียนตรงเวลา และมีความรับผิดชอบในการทำงาน	2

ตาราง 5 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
3	6	ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	การชุบด้วยโลหะ	การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า คือ กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสอย่างหนึ่งที่อาศัยพลังงานไฟฟ้าทำให้ไอออนของโลหะชนิดหนึ่ง กลายเป็นโลหะเคลือบ หรือ เกาะบนโลหะอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งโดยหลักการนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การป้องกันการผุกร่อนของโลหะบางชนิด การทำให้โลหะมีความสวยงามและคงทน	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการชุบด้วยไฟฟ้าและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้ 2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสีได้ 3. นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทดลอง	1

ตาราง 5 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
3	7	ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	การแยกสลายด้วยไฟฟ้า	กระบวนการแยกสารอิเล็กโตรไลต์โดยการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงไปในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นที่ขั้วบวก และขั้วลบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์นั้น	1. นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายด้วยไฟฟ้า เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งระบุขั้วแอโนดและแคโทดได้ 2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่อง การแยกสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ด้วยไฟฟ้าได้ 3. นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทดลอง	2

1.4 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ได้แก่ ใช้รูปภาพที่สื่อความหมายชัดเจน และสอดคล้องกับข้อคำถามในแต่ละกิจกรรม เขียนภาษาให้กระชับ และถูกต้องตามหลักวิชาการ ไม่ใช้ภาษาถิ่น หรือทับศัพท์ รวมทั้งการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันมาใช้เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจน

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก
ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแผนจัดการเรียนรู้ ได้แก่

1) รศ. ดร.ประสาท เนืองเฉลิม กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
2) ผศ. ดร.อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล
3) นางสุคนธา โคตรโสภา กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์
4) นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

5) นายสิทธิชัย วาลมูลตรี กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.7 นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2555)

ระดับคะแนนเฉลี่ย เกณฑ์การประเมิน

4.51 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

3.51 – 4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

2.51 – 3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1.51 – 2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

1.00 – 1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

ผลการประเมินพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.57-4.72 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ภาคผนวก จ) โดยจากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นให้ผู้เรียนทุกคนได้มีบทบาท การเลือกสถานการณ์ตัวอย่าง และปฏิกิริยามานำเสนอควรเลือกตัวอย่างสถานการณ์ และปฏิกิริยาที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับกิจกรรมในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงให้เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์สำหรับนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2. แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ตามเทคนิคการเขียนข้อทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาเนื้อหาสาระ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี จากบทเรียนในหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ เพื่อวิเคราะห์มโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด และจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง

วงจรปฏิบัติการที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สร้าง	ใช้
1	เซลล์กัลวานิก	1. นักเรียนสามารถ ระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถ เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ในเซลล์กัลวานิกได้	2	1
	แผนภาพเซลล์กัลวานิก	1. นักเรียนสามารถ อธิบายความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถ เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	2	1
	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	1. นักเรียนสามารถ อธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถ คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	2	1
		รวม	12	6
2	เซลล์อิเล็กโทรไลต์	1. นักเรียนสามารถ อธิบายหลักการและส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลติกได้	2	2
		2. นักเรียนสามารถ บอกความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์กับเซลล์กัลวานิกได้	2	1
	การคำนวณหาค่า E^{o} ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	2. นักเรียนสามารถ คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	2	1
		รวม	6	4

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 6 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สร้าง	ใช้
3	การชุบด้วยโลหะ	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการชุบด้วยไฟฟ้าได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	2	1
	การแยกสลายด้วยไฟฟ้า	1. นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายด้วยไฟฟ้าได้	2	1
		2. นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งระบุขั้วแอโนดและแคโทดได้	2	1
รวม			8	4

2.3 สร้างแบบทดสอบตามขอบข่ายเนื้อหาในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 ข้อ ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก และให้เหตุผลเพิ่มเติม ประกอบด้วยแบบทดสอบจำนวน 3 ชุด ได้แก่ เรื่องเซลล์กัลวานิก จำนวน 12 ข้อ เรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 6 ข้อ การชุบโลหะและการแยกสลายด้วยไฟฟ้า จำนวน 8 ข้อ

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์ ครึ่งเซลล์หนึ่งมี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า จุ่มในสารละลาย Sn^{4+} อีกครึ่งเซลล์หนึ่งมี Fe เป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มในสารละลาย Fe^{2+} เชื่อมต่อครึ่งเซลล์ด้วยสะพานไอออน และต่อมิเตอร์พบว่า เข็มเบนจากครึ่งเซลล์ Fe ไปสู่ครึ่งเซลล์ของ Pt ขั้วไฟฟ้าใดเป็นแอโนด และแคโทดตามลำดับ

ก. Pt, Fe

ข. Fe, Pt

ค. Pt, Sn

ง. Sn, Fe

ตอบข้อ.....เพราะ

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ โดยให้เหตุผลว่า เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาครึ่งเซลล์ที่มี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า Pt มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Fe ดังนั้น Pt จึงเป็นขั้วแคโทด และ Fe เป็นขั้วแอโนด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูกแต่ยังไม่สมบูรณ์ ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่การให้เหตุผลบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือคำตอบถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ หรืออธิบายเหตุผลถูกต้องแต่เลือกคำตอบผิด ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนผิด และการอธิบายเหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึงคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2.4 นำแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของคำถามกับเนื้อหา และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ คือ แก้ไขคำผิดให้ถูกต้อง ปรับปรุงระดับความยากง่ายของข้อสอบให้เหมาะสม และสถานการณ์ที่ถูกเลือกมาใช้ในแบบทดสอบควรมีความชัดเจน

2.5 นำแบบวัดความมโนมติทางวิทยาศาสตร์พร้อมแบบประเมิน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ในแต่ละข้อ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงจุดประสงค์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1) ผศ. ดร.อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

2) ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. การวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางสุคนธา โคตรโสภา กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4) นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

5) นายสิทธิชัย วาลมูลตรี กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Objective Congruence) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5-1.0 ผลการประเมินพบว่า แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 (ภาคผนวก จ) โดยจากการประเมินแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ การเรียงตัวเลือกคำตอบควรเรียงจากสั้นไปหายาว และควรใช้ประโยคที่กระชับได้ใจความ สำหรับตัวเลือกที่มีลักษณะเป็นตัวเลข ควรเรียงจากน้อยไปมาก นอกจากนี้สำหรับข้อคำถามที่มีการให้ข้อมูลมาเยอะสามารถใช้ถามคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ

2.7 นำแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. แบบสังเกตพฤติกรรม

เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้ประเมินการเรียนการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ควรแก้ไขอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลในการสะท้อนผลการปฏิบัติเมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจร มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกต เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

3.2 ศึกษาและวิเคราะห์หารายละเอียดที่ต้องการสังเกต เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม

3.3 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรม เป็นแบบสังเกตแบบไม่มีโครงสร้าง สำหรับใช้บันทึกเหตุการณ์ และพฤติกรรมของนักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ในด้านต่างๆ ได้แก่ ความตั้งใจเรียน การเข้าร่วมกิจกรรม ความกล้าแสดงออก และความเข้าใจในเนื้อหา รวมทั้งอุปสรรคที่มีต่อการเรียนรู้

3.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของโครงสร้าง และภาษาที่ใช้ และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ คือ การใช้ภาษาที่ถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงตารางให้มีความเหมาะสม

3.5 นำแบบสังเกตพฤติกรรมพร้อมแบบประเมิน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับประเด็นพฤติกรรมที่ชี้วัดในแต่ละข้อ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงจุดประสงค์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสังเกตพฤติกรรม

1) ผศ. ดร.อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

2) ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. การวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางสุคนธา โคตรโสภา กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4) นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

5) นายสิทธิชัย วาลมูลตรี กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

3.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการพฤติกรรมกับจุดประสงค์โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Objective Congruence) แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5-1.0 ผลการประเมินพบว่าได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.6-1.0 (ภาคผนวก จ)

3.7 นำแบบสังเกตพฤติกรรมมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติการต่อไป โดยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ การใช้ภาษาให้ถูกต้องและมีความเหมาะสม และปรับปรุงตารางให้มีความเหมาะสมกับข้อคำถาม

4. แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียนเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับด้านการสอนของครูด้านรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ ด้านการใช้สื่อการเรียนการสอน ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสะท้อนผลการปฏิบัติ เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปการพัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 กำหนดขอบข่ายคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ได้แก่

1) คำถามเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ ได้แก่

(1) ความชอบในกิจกรรมการเรียนรู้

(2) สื่อการเรียนการสอนที่ชอบ

(3) สื่อการเรียนการสอนที่ต้องการให้ปรับปรุง

2) คำถามเกี่ยวกับครูผู้สอน

4.2 สร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนตามขอบข่ายที่กำหนด

4.3 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถามกับประเด็นพฤติกรรมที่ชี้วัด และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

4.4 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนเสนอต่อให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างคำถามกับประเด็นที่วัด (Index of item Objective Congruence, IOC) ตามเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสัมภาษณ์

1) ผศ. ดร.อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

2) ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. การวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางสุคนธา โคตรโสภา กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4) นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

5) นายสิทธิชัย วาลมูลตรี กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4.5 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง แล้วทำการคัดเลือกคำถามที่มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ผลการประเมินพบว่า แบบสัมภาษณ์นักเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 (ภาคผนวก จ) โดยจากการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ เพิ่มการใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใด” และ “อย่างไร” เพื่อให้นักเรียนได้อธิบายและให้เหตุผลประกอบในการตอบคำถาม

4.6 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์สำหรับนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติปฏิบัติการ (Action research) ตามขั้นตอนของแนวคิดของ เคมมิส และแม็คแทกการ์ท ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์กัลวานิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเซลล์กัลวานิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การคำนวณหาค่า Eo ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

วงจรปฏิบัติการที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การชุบด้วยโลหะ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การแยกสลายด้วยไฟฟ้า

โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการผู้วิจัยวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียน โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการผู้วิจัยได้กำหนดขอบข่ายคำถาม ดังในตารางที่ 7 โดยการดำเนินการวิจัยจะสิ้นสุดเมื่อนักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 7 คำถามจากการสัมภาษณ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการ	ขอบข่ายคำถาม
วงจรปฏิบัติการที่ 1	1. คำถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ 2. คำถามเกี่ยวกับครูสอน
วงจรปฏิบัติการที่ 2	1. คำถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ 2. คำถามเกี่ยวกับครูสอน
วงจรปฏิบัติการที่ 3	1. คำถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ 2. คำถามเกี่ยวกับครูสอน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ท้ายวงจรของแต่ละวงจรมาหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ เพื่อเทียบเกณฑ์ที่ผู้เรียนต้องมีคะแนนความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

2. วิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการสอน ที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมในระหว่างการทดลอง และข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักเรียนมาศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันว่าเหมาะสมหรือไม่อย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1.1 การหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Object Congruence) ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549: 92)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับข้อสอบ

∑R แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

สถิติพื้นฐาน

ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนข้อมูลกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

∑x แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

2.2 ร้อยละ (Percentage) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Percentage (\%)} = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนามโนติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 35 คน โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวาปีปทุม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ
2. ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลป์วานิก และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการหลังจากที่ได้สำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียน โดยสังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นปัญหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจากนักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ รวมทั้งทำการสำรวจระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบ แล้วพบว่านักเรียนขาดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จึงได้ทำการศึกษารูปแบบการสอนต่างๆ จากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหารูปแบบการสอนที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้แก้ปัญหาการขาดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และได้เลือกรูปแบบการสอนแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว จากนั้นได้ทำการศึกษา และวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ และกำหนดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย รวมทั้งได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อดำเนินการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผ่านการเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการ

เรียนรู้เมตาคอกนิชัน ที่สร้างขึ้นมาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจริงในห้องเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 35 คน โดยผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เป็นดังนี้

คะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1

หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลป์วานิก และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ผู้วิจัยได้วัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 3 มโนมติ ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 6 ข้อ ดังนี้

มโนมติที่ 1 คือ เซลล์กัลป์วานิก ประกอบด้วย ข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก และข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก

มโนมติที่ 2 คือ แผนภาพเซลล์กัลวานิก ประกอบด้วย ข้อที่ (3) ความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก และข้อที่ (4) การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

มโนมติที่ 3 คือ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ประกอบด้วย ข้อที่ (5) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ และข้อที่ (6) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

เมื่อวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ดังแสดงผลในตาราง 8

ตาราง 8 ตารางแสดงคะแนนและระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

เลขที่	มโนมติทางวิทยาศาสตร์												ผลการประเมิน
	มโนมติที่ 1				มโนมติที่ 2				มโนมติที่ 3				
	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		
1	3	CU	2	PU	1	PS	1	PS	1	PS	1	PS	ไม่ผ่านเกณฑ์
2	3	CU	3	CU	3	CU	3	CU	2	PU	3	CU	ผ่าน
3	3	CU	0	NU	2	PU	1	PS	1	PS	0	AC	ไม่ผ่าน
4	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	2	PU	ผ่าน
5	2	PU	1	PS	2	PU	1	PS	0	AC	0	AC	ไม่ผ่าน
6	2	CU	0	NU	1	PS	1	PS	1	PS	0	AC	ไม่ผ่าน
7	2	PU	1	PS	2	PU	2	PU	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
8	3	CU	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	ผ่าน
9	2	PU	1	PS	2	PU	2	PU	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
10	3	CU	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
11	3	CU	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
12	2	PU	1	PS	2	PU	1	PS	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
13	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
14	3	CU	1	PS	2	PU	2	PU	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
15	3	CU	2	PU	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
16	2	PU	1	AC	2	PU	2	PU	0	AC	1	PS	ไม่ผ่าน
17	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
18	2	PU	1	PS	1	PS	1	PS	1	PS	0	AC	ไม่ผ่าน
19	2	PU	2	PU	2	PU	2	PU	1	PS	2	PU	ไม่ผ่าน
20	3	CU	3	CU	2	PU	3	CU	0	NU	3	CU	ไม่ผ่าน
21	2	PU	1	PS	3	CU	2	PU	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
22	2	PU	2	PU	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
23	3	CU	2	PU	3	CU	3	PU	1	PS	2	PU	ไม่ผ่าน

ตาราง 8 (ต่อ)

เลขที่	มโนมติทางวิทยาศาสตร์												ผลการประเมิน
	มโนมติที่ 1				มโนมติที่ 2				มโนมติที่ 3				
	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		
24	2	PU	2	PU	1	PS	2	PU	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
25	2	PU	1	PS	1	PS	1	PS	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
26	2	PU	1	PS	1	PS	2	PU	0	AC	1	PS	ไม่ผ่าน
27	3	CU	2	PU	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
28	2	PU	2	PU	1	PS	2	PU	1	PS	0	AC	ไม่ผ่าน
29	2	CU	1	PS	1	PS	1	PS	0	AC	0	AC	ไม่ผ่าน
30	3	CU	2	PU	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
31	1	PS	1	PS	2	PU	1	PS	0	AC	1	PS	ไม่ผ่าน
32	3	CU	3	CU	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
33	3	CU	3	CU	2	PU	3	CU	1	PS	2	PU	ไม่ผ่าน
34	3	CU	2	PU	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
35	2	PU	2	PU	1	PS	2	PU	1	PS	0	AC	ไม่ผ่าน
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์													13 (ร้อยละ 37.14)
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์													22 (ร้อยละ 62.86)

หมายเหตุ ผ่าน คือนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ทุกข้อ, ไม่ผ่าน คือนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางข้อต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ได้แก่ ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจมโมติ (NU)

จากตาราง 8 พบว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน วงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 13 คน จากนักเรียนทั้งหมด 35 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนอยู่ในระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 62.86 ของนักเรียนทั้งหมด เมื่อวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้ง 35 คน ในแต่ละมโนมติ ผลที่ได้แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติในวงจรปฏิบัติการที่ 1

มโนมติที่	ข้อที่	จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติ						
		CU	PU	PS	AC	NU	CU+PU	PS+AC+NU
1.เซลล์กัลวานิก	1. หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก	18 (51.43)	16 (45.71)	1 (2.86)	0 (0.00)	0 (0.00)	34 (97.14)	1 (2.86)
	2. สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก	7 (20.00)	14 (40.00)	11 (31.43)	1 (2.86)	2 (5.71)	21 (60.00)	14 (40.00)
2.แผนภาพเซลล์กัลวานิก	3. แผนภาพเซลล์กัลวานิก	7 (20.00)	19 (54.29)	9 (25.71)	0 (0.00)	0 (0.00)	26 (74.29)	9 (25.71)
	4. การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก	9 (25.71)	17 (48.57)	9 (25.71)	0 (0.00)	0 (0.00)	26 (74.28)	9 (25.71)
3.ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	5. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	0 (0.00)	13 (37.14)	16 (45.71)	5 (14.29)	1 (2.86)	13 (37.14)	22 (62.86)
	6. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์	6 (17.14)	11 (31.43)	11 (31.43)	7 (20.00)	0 (0.00)	17 (48.57)	18 (51.43)

จากตาราง 9 พบว่าในมโนมติที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก ข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 97.14 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60.61 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 16 คน

คิดเป็นร้อยละ 45.71 และมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.86 ซึ่งเป็น

ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 โดยเป็นระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31.43 ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.86 และระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.71

มโนมติที่ 2 เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก ข้อที่ (3) แผนภาพเซลล์กัลวานิก นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 74.29 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 54.29 และมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.71 ซึ่งเป็น

ข้อที่ (4) การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 74.28 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.71 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 48.57 และมีนักเรียนที่มีมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.71

มโนมติที่ 3 ข้อที่ (5) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14 ซึ่งเป็นระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 62.86 โดยเป็นระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 45.71 ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 14.29 และระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.86

ข้อที่ (6) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 48.57 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 17.14 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่

สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31.43 นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 51.43 โดยเป็นระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31.43 ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 35 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มีการตอบคำถามในแต่ละมโนมติ ดังนี้

1. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 1 คือ เซลล์กัลป์วานิก ประกอบด้วยข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก และข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก ดังตารางที่ 10

ตาราง 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

มโนมติที่ 1	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	18 (51.43)	“เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาครึ่งเซลล์ที่มี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า แสดงให้เห็นครึ่งเซลล์ที่มี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Fe ดังนั้น Pt จึงเป็นขั้วแคโทด เป็นครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับ e^-) และ Fe เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ให้ e^-)”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	16 (45.71)	“เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปหาครึ่งเซลล์ที่มี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า แสดงว่า Pt เป็นขั้วแคโทด ครึ่งเซลล์นี้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน และ Fe เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน”
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	1 (2.86)	“เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปหาครึ่งเซลล์ที่มี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า ดังนั้น Pt เป็นขั้วแคโทด แสดงว่า Pt เกิดปฏิกิริยารีดักชัน(รับอิเล็กตรอน) และ Fe เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ให้อิเล็กตรอน)”

ตาราง 10 (ต่อ)

มโนมติที่ 1	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	7 (20.00)	"เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาครึ่งเซลล์ที่มี Cu เป็นขั้วไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า Cu มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Zn ดังนั้น Cu จึงเป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับ e^-) เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ว่า $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ และ Zn เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ให้ e^-) เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ว่า $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เขียนสมการรีดอกซ์แสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$"
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	14 (40.00)	"ขั้ว Cu เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ว่า $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ และขั้ว Zn เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ว่า $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$"
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	11 (31.43)	"Cu เป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน มีการรับอิเล็กตรอน เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ว่า $Cu + 2e^- \rightarrow Cu^{2+}$ และ Zn เป็นขั้วแอโนด มีการให้อิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ว่า $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Zn + Cu \rightarrow Cu^{2+} + Zn^{2+}$ "

ตาราง 10 (ต่อ)

มโนมติที่ 1	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อน (AC)	1 (2.86)	“Zn เป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน มีการรับอิเล็กตรอน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ดังนี้ $Zn^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Zn$ Cu เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ดังนี้ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$ เขียนสมการปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ว่า $Cu + Zn^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + Zn$”
	ความไม่เข้าใจ (NU)	2 (5.71)	นักเรียนไม่ตอบคำถาม

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 1 เรื่องเซลล์กัลวานิก พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 51.43 ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00

รองลงมา พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 45.71 จากคำตอบของนักเรียนที่อธิบายการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ นักเรียนไม่ได้อธิบายว่าที่เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปหาขั้ว Pt แสดงว่าครึ่งเซลล์ที่มี Pt เป็นขั้วไฟฟ้ามีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนมากกว่า ดังนั้น Pt จึงเป็นขั้วแคโทด ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 นักเรียนไม่ได้อธิบายว่าเข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปหาขั้ว Cu เนื่องจาก Cu มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนมากกว่า Zn ดังนั้นที่ขั้ว Cu จึงเกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นขั้วแคโทด และขั้ว Zn เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นขั้วแอโนด

ความเข้าใจมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก พบว่ามีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.86 โดยนักเรียนระบุว่า Pt เป็นขั้ว

แคโทดได้ถูกต้อง แต่กล่าวว่า Pt เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ซึ่ง Pt เป็นขั้วเฉื่อยทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านแต่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยา ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31.43 นักเรียนระบุได้ว่า Cu เป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน แต่เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ยังไม่ถูกต้อง โดยเขียนว่า Cu รับอิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็น Cu^{2+}

นอกจากนี้ พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.86 โดยนักเรียนมีความเข้าใจว่าเข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนไปทางครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้นักเรียนระบุปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละครึ่งเซลล์ได้ไม่ถูกต้อง และพบว่าในข้อที่ (2) นักเรียนมีมโนมติระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.71 โดยนักเรียนไม่ได้ตอบคำถาม

2. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 2 คือ แผนภาพเซลล์กัลวานิก ประกอบด้วย ข้อที่ (3) ความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก และข้อที่ (4) การเขียนแผนภาพเซลล์กัลป์วานิก ดังตารางที่ 11

ตาราง 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 2 คือ แผนภาพเซลล์กัลวานิก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

มโนมติที่ 2	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. ความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	7 (20.00)	“จากแผนภาพเซลล์กัลวานิกที่กำหนดให้ แสดงว่า Pt เป็นขั้วเฉื่อยไม่เกิดปฏิกิริยา ดังนั้น Fe^{3+} เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด เนื่องจาก Fe^{3+} มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Sn^{2+} เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Fe^{3+}(aq) + e^{-} \rightarrow Fe^{2+}(aq)$ และ Sn^{2+} เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนด เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Sn^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq) + 2e^{-}$”

ตาราง 11 (ต่อ)

มโนมติที่ 2	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. ความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	19 (54.29)	“จากแผนภาพเซลล์กัลวานิกที่กำหนดให้ Fe^{3+} เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Fe^{3+}(aq) + e^{-} \rightarrow Fe^{2+}(aq)$”
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	9 (25.71)	ครึ่งเซลล์ Fe^{2+}/Fe^{3+} เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด เขียนปฏิกิริยาได้ว่า $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^{-}$
2. การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	9 (25.71)	“เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาครึ่งเซลล์ที่มี Au เป็นขั้วไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า Au มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Pb ดังนั้น Au จึงเป็นขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนของ Au^{3+} ครึ่งเซลล์รีดักชันจึงเขียนไว้ด้านขวาของแผนภาพเซลล์กัลวานิก และขั้ว Pb เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนของ Pb^{2+} ดังนั้นครึ่งเซลล์ออกซิเดชันเขียนไว้ด้านซ้ายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก และคั่นกลางระหว่างสองครึ่งเซลล์ด้วยสะพานเกลือ (//)”

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 11 (ต่อ)

มโนมติที่ 2	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	17 (48.57)	“เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาครึ่งเซลล์ที่มี Au เป็นขั้วไฟฟ้า แสดงว่า Au จึงเป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน สารละลายอิเล็กโทรไลต์มีไอออนของ Au^{3+} ครึ่งเซลล์รีดักชันเขียนไว้ด้านขวาของสะพานเกลือในแผนภาพเซลล์กัลวานิก และขั้ว Pb เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนของ Pb^{2+} เขียนครึ่งเซลล์ออกซิเดชันเขียนไว้ด้านซ้ายของสะพานเกลือในแผนภาพเซลล์กัลวานิก”
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	9 (25.71)	“Au เป็นขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน สารละลายอิเล็กโทรไลต์มีไอออนของ Au^{3+} ในแผนภาพเซลล์กัลวานิก เขียนครึ่งเซลล์รีดักชันเขียนไว้ด้านขวาของสะพานเกลือ โดยเขียนขั้วไฟฟ้าและตามด้วยสารอิเล็กโทรไลต์ และขั้ว Pb เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนของ Pb^{2+} ในแผนภาพเซลล์กัลวานิกจะเขียนครึ่งเซลล์ออกซิเดชันเขียนไว้ด้านซ้ายของสะพานเกลือ โดยเขียนขั้วไฟฟ้าก่อนและตามด้วยสารอิเล็กโทรไลต์”

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 2 เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ข้อที่ (1) ความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.71

มโนมติระดับความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่าในข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 54.29 จากคำตอบของนักเรียนที่

อธิบายความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิกที่กำหนดให้ นักเรียนไม่ได้อธิบายว่า ในครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน สารที่รับอิเล็กตรอนคือ Fe^{3+} ไม่ใช่ขั้วไฟฟ้า Pt เพราะเป็นขั้วไฟฟ้าเฉื่อยที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยา ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 48.57 นักเรียนไม่ได้อธิบายว่าเข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปหา Au แสดงว่า Au มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้นจึงเป็นครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน และ Au เป็นขั้วแคโทด และ Pb เป็นขั้วแอโนด เป็นครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนเป็นแผนภาพเซลล์กัลวานิก

มโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.71 โดยนักเรียนแสดงสมการเคมีได้ไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.71 นักเรียนระบุขั้วไฟฟ้า สารอิเล็กโทรไลต์ ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันในแต่ละครึ่งเซลล์ได้แต่นำไปเขียนแสดงในแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์

3. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 3 คือ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ประกอบด้วย ข้อที่ (5) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ และข้อที่ (6) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ดังตารางที่ 12

ตาราง 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 3 คือ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

มโนมติที่ 3	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	13 (37.14)	“เมื่อต่อครึ่งเซลล์ $Ag(s)/Ag^+$ เข้ากับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน แล้ววัดค่าศักย์ไฟฟ้าอ่านค่าได้เท่ากับ +0.80 V ซึ่งคือศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และมีค่าเท่ากับค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ $Ag(s)/Ag^+$
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	16 (45.71)	“ต่อครึ่งเซลล์ Ag (s)/ Ag^+ (aq, 1 M) เข้ากับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน เมื่อต่อครบวงจรแล้ววัดค่าศักย์ไฟฟ้าได้เท่ากับ + 0.80 V แสดงว่าเป็นค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ไม่ใช่เฉพาะค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Ag (s)/ Ag^+ (aq, 1 M) หรือครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน”

ตาราง 12 (ต่อ)

มโนมติที่ 3	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อน (AC)	5 (14.29)	“ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Ag (s)/ Ag^+ (aq, 1 M) มีค่าเท่ากับศักย์ฟ้าของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจน ซึ่งเท่ากับ + 0.80 V เพราะเมื่อต่อครึ่งเซลล์ Ag (s)/ Ag^+ (aq, 1 M) เข้ากับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานครบวงจรแล้ววัดค่าค่าศักย์ไฟฟ้า พบว่าอ่านค่าได้เท่ากับ + 0.80 V”
	ความไม่เข้าใจ (NU)	1 (2.86)	นักเรียนไม่ตอบคำถาม
2. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	6 (17.14)	“ในการต่อเซลล์กัลวานิก พบว่าครึ่งเซลล์ Sn^{2+}(aq)/Sn(s) มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันสูงกว่า แสดงว่ามีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า จึงเกิดปฏิกิริยารีดักชันเป็นขั้วแคโทด ($E^0_{cathode}$) ส่วนครึ่งเซลล์ Fe^{2+}(aq)/Fe(s) มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำกว่า เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีการสูญเสียอิเล็กตรอน เป็นขั้วแอโนด (E^0_{anode}) ดังนั้นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จาก $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ E^0_{cell} = +0.15 – (-0.44) V E^0_{cell}= +0.59 V”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	11 (31.43)	“ครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันสูงกว่าจะเป็นขั้วแคโทด ส่วนครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำกว่าจะเป็นขั้วแอโนด ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จาก $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ E^0_{cell}= +0.15 – (-0.44) V E^0_{cell}= +0.59 V”

ตาราง 12 (ต่อ)

มโนมติที่ 3	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	11 (31.43)	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์คำนวณหาได้จาก $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ โดยครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์สูงกว่าจะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (แคโทด) ดังนั้น Sn เป็นแคโทด และ Fe เป็นแอโนด ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Fe/Fe^{2+} เปลี่ยนจาก -0.44 V เป็น +0.44 V เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แสดงการคำนวณได้ดังนี้ $E^0_{cell} = +0.15 - (+0.44)$ V $E^0_{cell} = -0.29$ V”
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อน (AC)	7 (20.00)	ครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ แสดงว่าชอบรับอิเล็กตรอน เป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์หาได้จาก $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ $E^0_{cell} = -0.44-(+0.15)$ V $E^0_{cell} = -0.59$ V”

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 17.14

ในมโนมติระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่าในข้อที่ (1) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14 โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายว่าเมื่อนำครึ่งเซลล์ $Ag(s)/Ag^+$ ต่อเข้ากับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน เนื่องจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน มีค่าเป็น 0 V ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จึงมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ $Ag(s)/Ag^+$ ข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31.43 โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายว่า ครึ่งเซลล์ที่มีค่า

ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันที่กำหนดให้มากกว่า จะมีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ส่วนครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันน้อยกว่า จะถูกชิงอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ในมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในข้อที่ (1) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 45.71 โดยนักเรียนอธิบายว่า เนื่องจากค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมีค่าเท่ากับ 0 V ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จึงเป็นเพียงศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ $Ag(s)/Ag^{+}$ เท่านั้น ข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31.43 นักเรียนเข้าใจว่าค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่นำมาใช้คำนวณในสูตร $E^{0}_{cell} = E^{0}_{cathode} - E^{0}_{anode}$ ต้องเปลี่ยนจากค่าลบเป็นค่าบวกก่อน เพราะเนื่องจากค่า E^{0} ที่กำหนดให้มาเป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนจำนวนมากยังขาดความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในมโนมติที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก ในข้อที่ (3) สมการและปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิก พบว่านักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันของสารที่เกิดขึ้นในเซลล์กัลวานิกได้ยังไม่สอดคล้องกับคำอธิบายการเกิดปฏิกิริยา และในมโนมติที่ 2 เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก ในข้อที่ (3) ความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิก และ (4) การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก พบว่านักเรียนมีปัญหาในการระบุว่าสารใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารใดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ขั้วไฟฟ้าใดเป็นขั้วแคโทด ขั้วใดเป็นขั้วแอโนด ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายและเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้ถูกต้อง ชี้ให้เห็นมโนมติใหม่ที่ศึกษาที่มีความต่อเนื่องกับมโนมติเดิม หากนักเรียนลืมเนื้อหาหรือไม่เข้าใจในมโนมติก่อนหน้าจะส่งผลต่อความเข้าใจในมโนมติใหม่ที่นักเรียนได้เรียนรู้ และในมโนมติ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด โดยนักเรียนเข้าใจว่าค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ยิ่งมีค่าติดลบมาก แสดงว่ามีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดี

ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนไม่สนใจดูวีดีโอที่ครูนำเสนอในขั้นการประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ

- นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบการทดลองและเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้ถูกต้อง แต่นักเรียนทุกคนในกลุ่มไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำการทดลองเพื่อสำรวจค้นหามโนมติ โดยแต่ละกลุ่มจะมีตัวแทนนักเรียน 1-3 คน เป็นผู้ทำการทดลอง

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนบางคนไม่ตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานในขั้นการประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ

- นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตอบและอธิบายคำถามที่ครูถามได้ถูกต้อง เพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานเกี่ยวกับการสว่างของหลอดไฟ และการเคลื่อนที่ของอนุภาคในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อหลอดไฟเข้ากับแบตเตอรี่ในขั้นการประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ และมีนักเรียนบางคนไม่สามารถระบุและอธิบายได้ว่าปฏิกิริยาที่ครูยกตัวอย่างเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่อย่างไร และมีการใช้คำศัพท์ผิดในการอธิบายคำตอบ

- นักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเมื่อครูถามในระหว่างการทำกิจกรรม โดยมีเฉพาะนักเรียนกลุ่มหน้าห้องคนเดิมๆ ที่ร่วมตอบคำถามการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในระหว่างการทำกิจกรรม

3. ปัญหาในการทำกิจกรรม

- นักเรียนใช้เวลาในช่วงการทำกิจกรรมการทดลองนานจนเกินเวลาที่กำหนด ทำให้เหลือเวลาในการทำกิจกรรมในขั้นนำเสนอมโนมติ/ตรวจสอบมโนมติน้อยลง

- นักเรียนไม่สามารถสรุปความ และอภิปรายผลการทดลองได้ตรงประเด็น

- นักเรียนบางกลุ่มไม่พยายามค้นหาคำตอบโดยการทำกิจกรรมด้วยตนเอง โดยจะรอคำตอบจากผู้วิจัยหรือเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ทำให้เข้าใจเนื้อหาน้อย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและตั้งใจดูผู้วิจัยสาธิตการทดลองต่อตัวอย่างเซลล์กัลวานิก

- นักเรียนส่วนใหญ่ร่วมตอบคำถามในการทำกิจกรรมการตอบคำถามเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐาน

- นักเรียนแต่ละคู่ร่วมมือและช่วยกันกันทำกิจกรรมในขั้นสำรวจค้นหามโนมติ

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามและอธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของนักเรียนได้

- นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตอบและอธิบายคำถามที่ครูถามได้ถูกต้อง เพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานเกี่ยวกับการสว่างของหลอดไฟ และการเคลื่อนที่ของอนุภาคในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อหลอดไฟเข้ากับแบตเตอรี่ในขั้นการประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ และมีนักเรียนบางคนไม่สามารถระบุและอธิบายได้ว่าปฏิกิริยาที่ครูยกตัวอย่างเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่อย่างไร

- นักเรียนกลุ่มหน้าห้องคนเดิมๆ ที่ร่วมตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในระหว่างการทำกิจกรรม

3. ปัญหาในการทำกิจกรรม

- นักเรียนบางกลุ่มยังนำเสนอข้อมูลที่ได้จากขั้นการสำรวจค้นหามโนมติได้ยังไม่ถูกต้องครบถ้วน

- การทำกิจกรรมนำเสนอมโนมติ/ตรวจสอบมโนมติ นักเรียนหลายคนยังมีการใช้คำศัพท์ในการพูดเพื่อนำเสนอมโนมติผิด และมีการใช้คำศัพท์สลับกัน

- นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสรุปความและอภิปรายผลการทดลองได้ตรงประเด็น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการทำการทดลองมากขึ้น

- นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการทดลองเพื่อสำรวจและค้นหามโนมติ

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตอบและอธิบายคำถามที่ครูถามได้ถูกต้อง เพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานเกี่ยวกับค่าความต่างศักย์และการวัดค่าศักย์ไฟฟ้า นอกจากนี้ครูได้นำเสนอแผนภาพเซลล์กัลวานิกหนึ่ง พบว่านักเรียนยังไม่สามารถตอบและอธิบายคำถามได้ว่าขั้วใดมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า เพราะเหตุใด

- นักเรียนหลายๆ คนเริ่มมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในระหว่างการทำกิจกรรมมากขึ้น

3. ปัญหาในการทำกิจกรรม

- นักเรียนบางกลุ่มยังมีปัญหาในการสรุปผลและอภิปรายผลการทดลองให้ตรงประเด็นและถูกต้องครบถ้วน

- นักเรียนเบื่อหน่ายเมื่อมีการนำเสนอผลงาน ขาดความกระตือรือร้นในการนำเสนองาน

ข้อมูลจากการตอบแบบสัมภาษณ์ของนักเรียน

เพื่อให้การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์นักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ใน 2 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ และ 2. ด้านครูผู้สอน ดังนี้

1. ด้านการจัดกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้

1) นักเรียนชอบกิจกรรมการทดลอง ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...ชอบการทำการทดลอง เพราะสนุกและได้ใช้อุปกรณ์การทดลองที่ไม่เคยใช้มาก่อน และได้เห็นอะไรใหม่ๆในการทดลองด้วย...”

(นักเรียนคนที่ 23; สัมภาษณ์)

2) ปัญหาในการจัดกลุ่มตามความสมัครใจ ทำให้ไม่ได้กลุ่มที่คละความสามารถส่งผลให้นักเรียนบางกลุ่มทำกิจกรรมไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ผมไม่ชอบการจัดกลุ่มทำกิจกรรมเองตามความสมัครใจ เพื่อนส่วนใหญ่จะอยู่กลุ่มกับเพื่อนที่สนิทด้วย บางกลุ่มก็มีคนทำงานเก่งเยอะ บางกลุ่มก็ไม่มีเลย อย่างเช่นกลุ่มผมเพื่อนเกี่ยงงานกันงานจึงออกมาไม่ดี...”

(นักเรียนคนที่ 3; สัมภาษณ์)

3) นักเรียนทุกคนไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่ม ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ไม่ค่อยได้มีส่วนร่วมในการทำงานเท่าไหร่ ส่วนใหญ่หนูก็นั่งให้กำลังใจเพื่อน เพราะในกลุ่มมีเพื่อนที่เก่งช่วยกันทำ ...”

(นักเรียนคนที่ 25; สัมภาษณ์)

4) การมีส่วนร่วมในการอภิปรายภายในกลุ่ม มีนักเรียนที่ไม่กล้าอภิปรายขัดแย้งกับสมาชิกในกลุ่ม ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...ไม่ชอบเวลาครูให้อภิปรายกับเพื่อนภายในกลุ่ม ไม่ค่อยกล้าแสดงความคิดเห็นเวลาครูให้อภิปรายภายในกลุ่ม เพราะหนูไม่ค่อยเก่ง เพื่อนส่วนใหญ่ในกลุ่มเลยให้ความสนใจแค่กับเพื่อนที่เก่ง..."

(นักเรียนคนที่ 21: สัมภาษณ์)

5) ปัญหาในการเขียนสรุปความ ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...ไม่ชอบเวลาที่ครูให้เขียนสรุปผล เพราะไม่รู้จะเขียนอย่างไร ไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นจากอะไร และเขียนอะไรลงไปบ้าง..."

(นักเรียนคนที่ 16; สัมภาษณ์)

6) การมีส่วนร่วมในการตอบคำถามระหว่างการทำกิจกรรม ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...เวลาครูสอน หนูไม่ชอบเวลาครูให้ตอบคำถามเวลาทำกิจกรรม กลัวตอบผิด..."

(นักเรียนคนที่ 23: สัมภาษณ์)

7) นักเรียนไม่ชอบการอ่านใบความรู้ ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...หนูไม่ชอบใบความรู้ที่ครูแจกให้ เพราะใบความรู้บางอันยาวมาก ไม่น่าอ่าน และหนูขี้เกียจอ่านใบความรู้ด้วยค่ะ ..."

(นักเรียนคนที่ 14; สัมภาษณ์)

8) นักเรียนไม่เข้าใจสื่อวีดีโอที่ครูนำมาให้ดู ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...หนูไม่ค่อยเข้าใจเวลาครูให้ดูวีดีโอ เวลาดูแล้วรู้สึกเครียด ดูแล้วไม่ค่อยเข้าใจ อยากให้เป็นวีดีโอการ์ตูนที่ดูแล้วมีความน่าสนใจ และไม่ค่อยเครียด..."

(นักเรียนคนที่ 16; สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

1) ครูพูดคุย ตอบคำถามและสนใจแต่นักเรียนกลุ่มที่นั่งด้านหน้า ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ครูไม่ค่อยเดินมาแถวๆ ด้านหลังห้อง เลยไม่ค่อยได้ถามครู ส่วนใหญ่ครูยืนอยู่แต่ข้างหน้า และพูดคุยแต่กับเพื่อนที่อยู่แถวหน้าๆ ...”

(นักเรียนคนที่ 18; สัมภาษณ์)

2) ครูพูดเร็วเกินไป ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...บ่อยครั้งที่ครูพูดเร็วจนเกินไป จนพวกหนูฟังไม่ค่อยทัน ต้องได้ครูกลับมาอธิบายใหม่ซ้ำๆ อยากให้ครูปรับความเร็วในการพูดให้ช้าลงค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 19; สัมภาษณ์)

3) ครูให้เวลาในการตอบคำถามน้อย ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...เวลาครูถามคำถามให้นักเรียนตอบ ครูให้เวลาในการคิดคำตอบน้อยเกินไป หนูเลยคิดอะไรไม่ออก ...”

(นักเรียนคนที่ 35; สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรม แนวคำตอบของนักเรียนจากการตอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ผลที่ได้แสดงดังตาราง 13

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 13 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนใช้เวลาในการออกแบบวิธีการศึกษาในขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ ตามกิจกรรมที่ครูจัดให้ค่อนข้างนาน ทำให้บางกลุ่มทำงานไม่เสร็จตามกำหนด	- ครูมีการชี้แนะแนวทาง และกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมที่ชัดเจน รวมทั้งแนะนำให้นักเรียนมีการวางแผนและแบ่งหน้าที่กัน
2. นักเรียนใช้คำศัพท์คลาดเคลื่อนในการตอบคำถาม	- ในขั้นนำเสนอมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ในการอภิปรายและนำเสนอข้อมูล ผู้วิจัยจะเสนอแนะเมื่อนักเรียนใช้คำศัพท์สลับ หรือผิดในการนำเสนอ อีกทั้งหานักเรียนใช้คำศัพท์ผิดในการสืบค้นข้อมูลผู้วิจัยจะเสนอแนะทันที
3. นักเรียนทุกคนไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำการทดลอง	- จัดกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้แบ่งหน้าที่กันทำและได้ลงมือปฏิบัติจริง
4. นักเรียนไม่เข้าใจการเขียนสรุปความ และการอภิปรายผลการทดลอง	- ครูอธิบายวิธีการเขียนสรุปความ และวิธีการอภิปรายผลการทดลอง ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง มีหลักการและวิธีการเขียนอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างประกอบ
5. นักเรียนลืมเนื้อหา หรือไม่เข้าใจในมโนมติก่อนหน้าที่เป็นมโนมติที่มีความเกี่ยวเนื่องกันกับมโนมติใหม่ที่ศึกษา	- จัดกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนเนื้อหาที่เรียนก่อนหน้า และใช้มโนมติก่อนหน้าเพื่อเป็นการทบทวนก่อนจะศึกษามโนมติต่อมาที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน
6. การจัดกลุ่มที่ไม่คละความสามารถ ทำให้บางกลุ่มทำงานไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด	- แบ่งกลุ่มให้โดยคละความสามารถของนักเรียนให้มีทั้งนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนอยู่ด้วยกัน

ตาราง 13 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
7. นักเรียนทุกคนไม่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการอภิปรายภายในกลุ่ม เพราะไม่กล้าแสดงความคิดเห็น	- ให้สมาชิกในกลุ่ม ให้คะแนนเพื่อนสมาชิกในกลุ่มตัวเองที่มีส่วนร่วมในการอภิปราย และกำหนดเวลาที่ใช้ในการแสดงความคิดเห็นอภิปรายแต่ละคน
8. นักเรียนไม่ชอบอ่านใบความรู้	- ครูปรับใบความรู้ที่ทำออกมาในลักษณะที่เป็นการ์ตูน หรือเรื่องราว เพื่อดึงดูดความสนใจในการอ่านของนักเรียนมากขึ้น
9. นักเรียนไม่ชอบวีดีโอที่ดูแล้วเครียด	- ครูเลือกสื่อวีดีโอที่มีลักษณะเป็นการ์ตูน ความยาววีดีโอไม่ยาวเกินไป
10. ครูผู้สอนพูดเร็ว	- ครูพูดให้ช้าลง และแจ้งกับนักเรียนว่าให้ยกมือบอกทันทีที่ฟังครูไม่ทัน
11. ครูไม่ค่อยเดินมาดูนักเรียนกลุ่มที่อยู่หลังห้อง	- ครูพยายามเดินดูนักเรียนให้ทั่วถึง และให้ความสนใจกับนักเรียนทุกๆ กลุ่ม ตอบคำถามนักเรียนเมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสงสัยอย่างทั่วถึง
12. ครูให้เวลาในการคิดคำตอบเวลาครูถามน้อย	- ครูเพิ่มเวลาในการคิดคำตอบให้เหมาะสมกับคำถามที่ครูถาม มีการกำหนดเวลาอย่างชัดเจน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยเน้นพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังมีระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางข้อต่ำกว่าระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 22 คน โดยผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ เน้นให้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ผู้วิจัยชี้แจงกับนักเรียนว่าทุกคนต้องมีส่วนร่วม โดยให้นักเรียนเขียนหน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมายในแต่ละกิจกรรม จัดกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนเนื้อหาและใช้มโนมติก่อนหน้าก่อนจะศึกษามโนมติต่อมาที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน การจัดกลุ่มนักเรียน ผู้วิจัยได้เน้นให้มีการจัดกลุ่มโดยคละความสามารถให้นักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อนอยู่ด้วยกัน นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงเลือกใช้สื่อวีดีโอที่มีลักษณะเป็นการ์ตูนมาใช้มากขึ้น ความยาววีดีโอไม่มากเกินไป และใบความรู้ที่มีความกระชับเหมาะสมเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน รวมทั้งเน้นให้มีการอธิบายถึงวิธีการเขียนสรุปความ และวิธีการอภิปรายผลการทดลอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรม และมีการปรับกิจกรรมการนำเสนอให้กลุ่มที่นำเสนอสามารถถามคำถามนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ได้ โดยครูให้คะแนนโบนัสกับกลุ่มที่ตอบคำถามได้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการนำเสนองานและการตอบคำถาม โดยหลังจากการปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ที่สร้างขึ้นมาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่าผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นดังนี้

คะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด 35 คน โดยวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน จำนวน 2 มโนมติ ได้แก่

มโนมติที่ 4 คือ เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วย ข้อที่ (7) หลักการและ องค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ และข้อที่ (8) ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลป์วานิก

มโนมติที่ 5 คือ การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วย ข้อที่ (9) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (10) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

โดยผลการวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 22 คน โดยผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ดังแสดงผลในตาราง 14

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 14 ตารางแสดงคะแนนและระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ที่	มโนมติทางวิทยาศาสตร์								ผลการประเมิน
	มโนมติที่ 4				มโนมติที่ 5				
	ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10		
1	2	PU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
3	2	PU	2	PU	0	AC	1	PS	ไม่ผ่าน
5	3	CU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
6	2	PU	2	PU	1	PS	0	AC	ไม่ผ่าน
7	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	ผ่าน
9	3	CU	3	CU	1	PS	3	CU	ไม่ผ่าน
12	2	PU	2	PU	1	PS	2	PU	ไม่ผ่าน
14	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	ผ่าน
16	2	PU	2	PU	0	AC	1	PS	ไม่ผ่าน
18	2	PU	2	PU	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
19	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
20	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
21	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	ผ่าน
23	3	CU	3	CU	1	PS	3	CU	ไม่ผ่าน
24	2	PU	1	PS	1	PS	1	PS	ไม่ผ่าน
25	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
26	3	CU	3	CU	1	PS	3	CU	ไม่ผ่าน
28	2	PU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
29	3	CU	2	PU	2	PU	2	PU	ผ่าน
31	2	PU	2	PU	2	PU	0	AC	ไม่ผ่าน
33	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
35	3	CU	3	CU	3	CU	0	AC	ไม่ผ่าน
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์									11 (ร้อยละ 50.00)
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์									11 (ร้อยละ 50.00)

หมายเหตุ ผ่าน คือนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ทุกข้อ, ไม่ผ่าน คือนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางข้อต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ได้แก่ ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจมโมติ (NU)

จากตาราง 14 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนจำนวน 22 คน ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนความเข้าใจมโนมติผ่านเกณฑ์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50 เมื่อวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้ง 7 คน ผลที่ได้แสดงดังตาราง 15

ตาราง 15 จำนวนและร้อยละนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติในวงจรปฏิบัติการที่ 2

มโนมติที่	ข้อที่	จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติ						
		CU	PU	PS	AC	NU	CU+PU	PS+AC+NU
4. เซลล์อิเล็กโทรไลต์	7. หลักการและองค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	11 (50.00)	11 (50.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	22 (100.00)	0 (0.00)
	8. ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิก	8 (36.36)	13 (59.09)	1 (4.54)	0 (0.00)	0 (0.00)	21 (95.45)	1 (4.54)
5. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	9. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	1 (4.54)	12 (54.55)	7 (31.82)	2 (9.09)	0 (0.00)	13 (59.09)	9 (40.91)
	10. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	6 (27.27)	9 (40.91)	4 (18.18)	3 (13.64)	0 (0.00)	15 (68.18)	7 (31.82)

จากตาราง 15 พบว่ามโนมติที่ 4 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ข้อที่ (7) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์

(CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00

ข้อที่ (8) ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิก นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 95.45 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 36.36 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 59.09 นักเรียนที่มีมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.54

ข้อที่ (9) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 59.09 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.54 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 40.91 โดยเป็นระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 31.82 และระดับความเคลื่อน (AC) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09

มโนมติที่ 5 ข้อที่ (10) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 68.18 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 40.91 นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 31.82 โดยเป็นระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 และระดับความเคลื่อน (AC) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.64

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 35 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มีการตอบคำถามในแต่ละมโนมติ ดังนี้

1. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 4 คือ เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วย ข้อที่ (7) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ข้อที่ (8) ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลป์วานิก ดังตารางที่ 16

ตาราง 16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

มโนมติที่ 4	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. หลักการและองค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	11 (50.00)	“เซลล์อิเล็กโทรไลต์ คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ไฟฟ้าเคมีแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น โดยขั้วที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเรียกว่า ขั้วลบ เป็นขั้วแคโทด และขั้วที่ต่อกับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่าขั้วบวกเป็นขั้วแอโนด โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ออกจากขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้บริเวณขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	11 (50.00)	“เซลล์อิเล็กโทรไลต์ เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ออกจากขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้บริเวณขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ซึ่งขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเรียกว่า ขั้วลบเป็นขั้วแคโทด”
2. ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	8 (36.36)	“เซลล์กัลวานิก ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นขั้วลบ เรียกว่าแอโนด และขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นขั้วบวก เรียกว่าแคโทด เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นขั้วบวก เรียกว่าแอโนด และขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นขั้วลบ เรียกว่าแคโทด”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	13 (59.09)	“ขั้วลบของเซลล์กัลวานิก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและขั้วบวกจะเกิดปฏิกิริยาที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน แต่ขั้วบวกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน”

ตาราง 16 (ต่อ)

มโนมติที่ 4	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิก	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	1 (4.54)	“ขั้วแคโทดของเซลล์กัลวานิก เป็นขั้วบวก แต่ขั้วแคโทดของเซลล์อิเล็กโทรไลต์เป็นขั้วลบ โดยครึ่งเซลล์ที่เป็นขั้วแคโทดของเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากขั้วแอโนด”

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 4 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ พบว่า นักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ข้อที่ (2) ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลป์วานิก จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 36.36

มโนมติระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่าในข้อที่ (1) หลักการและองค์ประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 โดยนักเรียนไม่ได้ว่าเป็นการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ข้อที่ (2) ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลป์วานิก จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 59.09 โดยนักเรียนไม่ได้อย่างระบุอย่างละเอียดว่าขั้วลบและขั้วบวกในเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ขั้วใดเกิดปฏิกิริยาอะไร และไม่ได้นิยามชื่อขั้วไฟฟ้า

นักเรียนมีมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในข้อที่ (2) ความแตกต่างของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลป์วานิก จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.54 โดยคำตอบของนักเรียนที่อธิบายว่า ขั้วแคโทดเซลล์อิเล็กโทรไลต์ มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากขั้วแอโนดกล่าวผิด เพราะสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันจะมีการมารับอิเล็กตรอนที่บริเวรขั้วลบ (แคโทด)

2. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 5 คือ การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วย ข้อที่ (9) ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (10) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ดังตารางที่ 17

ตาราง 17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 5 คือ ค่า E^{o} ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

มโนมติที่ 5	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	1 (4.54)	“สมการแสดงปฏิกิริยา $Cd + Fe^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Fe$ มีครึ่งเซลล์ $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$ เป็นแคโทด และครึ่งเซลล์ $Cd(s)/Cd^{2+}(aq)$ เป็นแอโนด คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้ $E^{0}_{cell} = E^{0}_{cathode} - E^{0}_{anode}$ $E^{0}_{cell} = -0.44-(-0.40)$ V $E^{0}_{cell} = -0.04$ V ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าติดลบ แสดงว่าเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้ เพราะครึ่งเซลล์ Fe มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำกว่า ครึ่งเซลล์ Cd เป็น ดังนั้น Fe ไม่สามารถชิงอิเล็กตรอนจาก Cd ได้ จำเป็นต้องผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	12 (54.55)	ปฏิกิริยา $Cd + Fe^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Fe$ มีครึ่งเซลล์ $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$ เป็นแคโทด และครึ่งเซลล์ $Cd(s)/Cd^{2+}(aq)$ เป็นแอโนด คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้ $E^{0}_{cell} = E^{0}_{cathode} - E^{0}_{anode}$ $E^{0}_{cell} = -0.44-(-0.40)$ V $E^{0}_{cell} = -0.04$ V ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าติดลบ แสดงว่าเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้

ตาราง 17 (ต่อ)

มโนมติที่ 5	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	7 (31.82)	ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$ มีค่าต่ำกว่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ $Cd(s)/Cd^{2+}(aq)$ ดังนั้นอิเล็กตรอนในเซลล์ไฟฟ้าเคมีนี้จึงต้องเคลื่อนไปหาครึ่งเซลล์ $Cd(s)/Cd^{2+}(aq)$
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อน (AC)	2 (9.09)	ปฏิกิริยา $Al + Zn^{2+} \rightarrow Al^{3+} + Zn$ ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Al มีค่าติดลบมากกว่า Zn แสดงว่าครึ่งเซลล์ Al มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า เป็นแคโทด หาค่าศักย์ไฟฟ้าเซลล์ได้ดังนี้ $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ $E^0_{cell} = -1.68 - (-0.76)$ V $E^0_{cell} = -0.92$ V ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าติดลบ ปฏิกิริยาเกิดเองไม่ได้
2. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	6 (27.27)	ที่ขั้วแอโนด Br^- กับ H_2O สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ทั้ง 2 สาร เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า Br^- มีค่า E^0 ต่ำกว่า จึงสามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น Br^- จึงเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด H_2O กับ Zn^{2+} สามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้ทั้ง 2 สาร เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า Zn^{2+} มีค่า E^0 สูงกว่า สามารถชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น Zn^{2+} จึงเกิดปฏิกิริยา คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้ $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ $E^0_{cell} = -0.76 - 1.08$ V $E^0_{cell} = -1.84$ V แสดงว่าต้องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์อย่างน้อย 1.84 V

ตาราง 17 (ต่อ)

มโนมติที่ 5	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	9 (40.91)	ที่ขั้วแอโนด Br^- สามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ขั้วแคโทด Zn^{2+} สามารถชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น Zn^{2+} จึงเกิดปฏิกิริยารีดักชัน คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้ $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ $E^0_{cell} = -0.76 - 1.08$ V $E^0_{cell} = -1.84$ V แสดงว่าต้องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์อย่างน้อย 1.84 V
	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	4 (18.18)	พิจารณาสารที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด จากค่า E^0 โดยค่า E^0 ที่จะพิจารณาต้องกลับเครื่องหมายจากบวกเป็นลบก่อน เพราะค่า E^0 ที่กำหนดมาให้เป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่าของ Br^- มีค่าสูงกว่า Br^- จึงเป็นสารที่จะเกิดปฏิกิริยา สำหรับขั้วแคโทด พบว่า Zn^{2+} เป็นสารที่เกิดปฏิกิริยา เพราะมีค่า E^0 สูงกว่า คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้ $E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$ $E^0_{cell} = -0.76 - 1.08$ V $E^0_{cell} = -1.84$ V แสดงว่าต้องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์อย่างน้อย 1.84 V

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 17 (ต่อ)

มโนมติที่ 5	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อน (AC)	3 (13.64)	ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ที่กำหนดให้เป็นศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชัน เมื่อพิจารณาค่า E^0 ที่ขั้วแอโนดซึ่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องกลับเครื่องหมายจากบวกเป็นลบ จะเห็นว่า E^0 ของ H_2O มีค่าต่ำกว่า H_2O จึงเป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สำหรับขั้วแคโทด สารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน คือ Zn^{2+} เนื่องจากมีค่า E^0 สูงกว่า คำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้ $E^0_{cell} = E^0_{cathode}-E^0_{anode}$ $E^0_{cell} = -0.76 -(-1.23)$ V $E^0_{cell} = 0.76$ V ดังนั้นต้องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์อย่างน้อย 0.76 V

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 5 เรื่อง ค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ข้อที่ (1) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.54 ข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27

มโนมติระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่าในข้อที่ (1) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 โดยนักเรียนขาดการอธิบายว่า ครึ่งเซลล์ Fe มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำกว่า ครึ่งเซลล์ Cd ดังนั้น Fe ไม่สามารถชิงอิเล็กตรอนจาก Cd ได้ ข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 40.91 โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายว่าที่ขั้วแอโนดมี Br^- กับ H_2O ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า Br^- มีค่า E^0 ต่ำกว่า จึงสามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น Br^- จึงเกิดปฏิกิริยา และที่ขั้วแคโทด H_2O กับ Zn^{2+} สามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้ทั้ง 2 สาร เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า Zn^{2+} มีค่า E^0 สูงกว่า สามารถชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น Zn^{2+} จึงเกิดปฏิกิริยา

นักเรียนมีมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในข้อที่ (1) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 31.82 โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายว่า ครึ่งเซลล์ $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$

ซึ่งมีค่า E^0 ต่ำกว่า จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ให้อิเล็กตรอน) ไม่ได้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับอิเล็กตรอน) ข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 โดยคำตอบของนักเรียนอธิบายถึงสารที่จะเกิดปฏิกิริยาว่า การพิจารณาสารที่เกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ค่า E^0 ที่จะพิจารณาต้องกลับเครื่องหมายจากบวกเป็นลบก่อน เพราะค่า E^0 ที่กำหนดมาให้เป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน เมื่อพิจารณาค่า E^0 ที่มีต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนด (E^0_{anode}) แทนในสมการ $E^0_{cell} = E^0_{cathode}-E^0_{anode}$

ในมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) ในข้อที่ (1) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09 โดยคำตอบของนักเรียนกล่าวว่าครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ติดลบมากกว่า จะมีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนดีกว่าดังกล่าวผิด เนื่องจากครึ่งเซลล์ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์สูงกว่าจะมีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ยิ่งค่าติดลบมากแสดงว่าค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ยิ่งต่ำ ข้อที่ (2) การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.64 โดยนักเรียนเข้าใจว่าค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ที่กำหนดให้เป็นศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชัน เมื่อพิจารณาค่า E^0 ของครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนดจะต้องกลับเครื่องหมายจากบวกเป็นลบก่อน เพื่อให้ได้เป็นศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ออกซิเดชัน ก่อนนำไปคำนวณในสมการ $E^0_{cell} = E^0_{cathode}-E^0_{anode}$

ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนมีความกระตือรือร้นในกิจกรรมการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน และให้ความสนใจเกี่ยวกับสื่อวีดีโอและสถานการณ์ที่ครูยกมานำเสนอเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของนักเรียน
- นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานที่ครูจัดขึ้น
- นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำการทดลอง ทุกคนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย โดยแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบการทดลองและเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามและอธิบายเหตุผลเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานในขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ได้อย่างถูกต้อง

- นักเรียนทุกคนมีการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นคำถามที่ครูตั้งขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยอ้างอิงตามหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

3. ปัญหาในการทำกิจกรรม

- นักเรียนใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลเพื่อทำการทดลองนานพอสมควร ทำให้เหลือเวลาในการทำการทดลองน้อยลง จึงมีการขยายเวลาในขั้นการทำการทดลองออกไปอีก ส่งผลให้เวลาในการนำเสนอมโนมติที่ได้จากการสำรวจค้นหาน้อยลง ไม่เพียงพอต่อการนำเสนอให้ครบทุกกลุ่ม

- นักเรียนหลายคนยังไม่สามารถสรุปความ และเขียนอภิปรายผลการทดลองได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนให้ความสนใจกับการยกตัวอย่างเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่มีในชีวิตประจำที่ครูนำเสนอในขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ และมีส่วนร่วมในกิจกรรมการตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานที่ครูจัดขึ้นทุกคน

- นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมขั้นสำรวจค้นหามโนมติ ทุกคนตั้งใจปฏิบัติหน้าที่ตามบทบาทที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนบางคนยังไม่สามารถตอบคำถามและอธิบายเหตุผลเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานในขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ได้อย่างถูกต้อง

- นักเรียนบางคนไม่ค่อยตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นคำถามที่ครูตั้งขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และไม่สามารถอธิบายคำตอบโดยอ้างอิงตามหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้เท่าที่ควร

3. ปัญหาในการทำกิจกรรม

- นักเรียนใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลเพื่อทำการทดลองนานพอสมควร ทำให้เหลือเวลาในการทำการทดลองน้อยลง จึงมีการขยายเวลาในขั้นการทำการทดลองออกไปอีก ส่งผลให้เวลาในการนำเสนอมโนมติที่ได้จากการสำรวจค้นหาน้อยลง ไม่เพียงพอต่อการนำเสนอให้ครบทุกกลุ่ม

- นักเรียนหลายคนยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเขียนสรุปความ และการเขียนอภิปรายผลการทดลอง โดยพบว่านักเรียนยังเขียนสรุปความได้ไม่ตรงประเด็น และอภิปรายผลการทดลองยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์

ข้อมูลจากการตอบแบบสัมภาษณ์ของนักเรียน

เพื่อให้การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์นักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ใน 2 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ และ 2. ด้านครูผู้สอน ดังนี้

1. ด้านการจัดกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้

1) นักเรียนชอบอุปกรณ์การทดลอง ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...สิ่งที่ชอบคือ อุปกรณ์การทดลอง ทำมาจากอุปกรณ์ที่เคยเห็นในชีวิตประจำวัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ทำการทดลองได้ ทำเห็นภาพและมีความเข้าใจ..."

(นักเรียนคนที่ 6; สัมภาษณ์)

2) นักเรียนมีปัญหาในการสืบค้นข้อมูลเพื่อออกแบบการทดลอง และตอบคำถามในใบกิจกรรม ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...เวลาที่ต้องมีการสืบค้นข้อมูล ไม่เข้าใจและไม่รู้ว่าจะสืบค้นถูกไหม เพราะแต่ละเว็บไซต์บางครั้งก็ไม่เหมือนกัน ไม่รู้ว่าต้องใช้คำว่าอะไรในการสืบค้นเพื่อให้สามารถหาข้อมูลที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง..."

(นักเรียนคนที่ 3; สัมภาษณ์)

3) นักเรียนมองภาพปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ออก ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

"...ภาพแสดงปรากฏการณ์ที่ครูเอามาให้ดูแล้วครูถาม อยากให้เป็นภาพเคลื่อนไหวหรือวีดีโอที่ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้น เพราะหนูมองภาพไม่ออก ..."

(นักเรียนคนที่ 18; สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

1) ครูพูดเสียงดังเกินไป ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...บางครั้งครูพูดเสียงดังเกินไปจนเหมือนตะโกน เวลาที่ครูตอบคำถามหนู ที่อยู่ใกล้ๆ ครูก็ยังพูดเสียงดังค่ะ ...”

(นักเรียนคนที่ 16; สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรม แนวคำตอบของนักเรียนจากการตอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ผลที่ได้แสดงดังตาราง 18

ตาราง 18 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนมีปัญหาในการสืบค้นข้อมูลข้อมูลเพื่อตอบคำถามและอธิบายคำตอบในใบกิจกรรม	- ครูชี้แนะแนวทางในการสืบค้นข้อมูล เช่น การใช้คำในการสืบค้น และการแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ
2. นักเรียนสรุปผลการทดลองไม่ตรงประเด็น	- ครูอธิบายแนวทางในการสรุปผลการทดลองและยกตัวอย่างผลการทดลองมาให้นักเรียนได้ฝึกเขียนสรุปผลการทดลอง
3. นักเรียนสามารถอธิบายได้ แต่ไม่สามารถสรุปเนื้อหาได้สมบูรณ์ได้	- ครูอธิบายวิธีการเขียนสรุป และขั้นตอนในการเขียนสรุป ยกตัวอย่างการเขียนสรุปความที่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ และให้นักเรียนฝึกเขียนสรุปความ
4. นักเรียนไม่เข้าใจภาพปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง และมองภาพไม่ออกถึงสิ่งที่ครูกล่าวถึง	- ครูเลือกใช้สื่อภาพเคลื่อนไหวหรือวีดีโอที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนแทนภาพนิ่ง
5. ครูพูดเสียงดังเกินไป จนเหมือนตะโกน	-ครูปรับน้ำเสียงในการพูดให้เหมาะสม

ผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยเน้นพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางข้อต่ำกว่าระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 จำนวน 11 คน โดยผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การชุบด้วยโลหะ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การแยกสลาย

ด้วยไฟฟ้า วงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยเน้นให้มีการแนะนำหลักการสืบค้นและแหล่งข้อมูลในการสืบค้นที่น่าเชื่อถือแก่นักเรียนก่อนจะลงมือปฏิบัติกิจกรรม รวมทั้งปรับปรุงการใช้สื่อเพื่อนำเสนอภาพปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นให้มีความชัดเจน ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจถึงสิ่งที่ครูต้องการนำเสนอ โดยเลือกใช้ภาพเคลื่อนไหวและวีดีโอแทนภาพนิ่ง นอกจากนี้ยังเน้นอธิบายแนวทางการเขียนสรุปความ และสรุปผลการทดลอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบให้นักเรียนดูและฝึกทำเพื่อให้เกิดความชำนาญจนนักเรียนสามารถสรุปความและสรุปผลการทดลองเมื่อทำกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และตรงประเด็น โดยหลังจากการปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ที่สร้างขึ้นมาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจริงในห้องเรียนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่าผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็นดังนี้

คะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive learning cycle) โดยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การชุบด้วยโลหะ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า

หลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนทั้ง 35 คน จำนวน 2 มโนมติ ได้แก่

มโนมติที่ 6 คือ การชุบด้วยโลหะ ประกอบด้วย ข้อที่ (11) หลักการชุบด้วยไฟฟ้า และข้อที่ (12) สมการและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วโลหะ

มโนมติที่ 7 คือ การแยกสลายด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย ข้อที่ (13) หลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้า และข้อที่ (14) สมการและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า

จากนั้นวิเคราะห์มโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 จำนวน 11 คน โดยผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนน

ผ่านเกณฑ์ความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ดังแสดงผลในตาราง 19

ตาราง 19 ตารางแสดงคะแนนและระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

เลขที่	มโนมติทางวิทยาศาสตร์								ผลการประเมิน
	มโนมติที่ 6				มโนมติที่ 7				
	ข้อที่ 11		ข้อที่ 12		ข้อที่ 13		ข้อที่ 14		
3	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
6	2	PU	2	PU	2	PU	3	CU	ผ่าน
9	2	PU	2	PU	3	CU	3	CU	ผ่าน
12	3	CU	3	CU	1	PS	3	CU	ไม่ผ่าน
16	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
18	2	PU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
23	2	PU	2	PU	3	CU	2	PU	ผ่าน
24	3	CU	3	CU	1	PS	3	CU	ไม่ผ่าน
26	3	CU	3	CU	1	PS	2	PU	ไม่ผ่าน
31	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
35	3	CU	3	CU	2	PU	2	PU	ผ่าน
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์									8 (ร้อยละ 72.73)
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์									3 (ร้อยละ 27.27)

หมายเหตุ ผ่าน คือนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ทุกข้อ, ไม่ผ่าน คือนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางข้อต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ได้แก่ ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจมโมติ (NU)

จากตาราง 19 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนจำนวน 11 คน ที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ

(NU) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มีคะแนนความเข้าใจมโนมติผ่านเกณฑ์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 72.73 เมื่อวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้ง 11 คน ผลที่ได้แสดงดังตาราง 20

ตาราง 20 จำนวนและร้อยละนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติในวงจรปฏิบัติการที่ 3

มโนมติที่	ข้อที่	ระดับความเข้าใจมโนมติ (จำนวนคน)						
		CU	PU	PS	AC	NU	CU+PU	PS+AC+NU
6. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	11. หลักการชุบด้วยโลหะด้วยไฟฟ้า	6 (54.55)	5 (45.45)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	11 (100.00)	0 (0.00)
	12. สมการและปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วไฟฟ้า	8 (72.73)	3 (27.27)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	11 (100.00)	0 (0.00)
7. การแยกสลายด้วยไฟฟ้า	13. การแยกสลายด้วยไฟฟ้า	2 (18.18)	6 (54.55)	3 (27.27)	0 (0.00)	0 (0.00)	8 (72.73)	3 (27.27)
	14. สมการและปฏิกิริยาเคมีในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า	4 (40.00)	7 (70.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	11 (100.00)	0 (0.00)

จากตาราง 20 พบว่ามโนมติที่ 6 เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ข้อที่ (11) หลักการชุบด้วยโลหะด้วยไฟฟ้า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU)

จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45

ข้อที่ (12) สมการและปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วไฟฟ้า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 72.73 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27

มโนมติที่ 7 เรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า ข้อที่ (13) การแยกสลายด้วยไฟฟ้า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 72.73 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 และมีนักเรียนที่มีมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27

ข้อที่ (14) สมการและปฏิกิริยาเคมีในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยเป็นระดับที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 70.00

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 35 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มีการตอบคำถามในแต่ละมโนมติ ดังนี้

1. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 6 คือ การชุบด้วยโลหะ ประกอบด้วย ข้อที่ (11) หลักการชุบด้วยไฟฟ้า และข้อที่ (12) สมการและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วโลหะ ดังตารางที่ 21

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 21 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 6 คือ การชุบด้วยโลหะ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

มโนมติที่ 6	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. หลักการชุบด้วยไฟฟ้า	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	6 (54.55)	“ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ขั้วแคโทดคือ โลหะที่จะใช้ชุบ คือกลอนประตูเหล็ก ขั้วแอโนดคือ โลหะที่ต้องการชุบ คือ โครเมียม และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ต้องประกอบด้วยไอออนของโลหะที่เป็นขั้วแอโนด ในที่นี้คือ Cr^{3+} เพราะเมื่อเกิดปฏิกิริยา ไอออนของ Cr^{3+} ในสารอิเล็กโทรไลต์จะไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทดซึ่งคือกลอนประตูเหล็ก เกิดเป็น Cr และเกาะติดบนผิวของกลอนประตูเหล็ก และ Cr ที่เป็นขั้วแอโนดจะเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน เกิดเป็น Cr^{3+} ขึ้นมา ทำให้ความเข้มข้นของ Cr^{3+} ในอิเล็กโทรไลต์คงที่ตลอดเวลา”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	5 (45.45)	“ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ขั้วแคโทดคือ โลหะที่จะใช้ชุบ คือกลอนประตูเหล็ก ขั้วแอโนดคือ โลหะที่ต้องการชุบ คือ โครเมียม และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ต้องประกอบด้วยไอออนของโลหะที่เป็นขั้วแอโนด ในที่นี้คือ Cr^{3+}”

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 21 (ต่อ)

มโนมติที่ 6	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. สมการและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วโลหะ	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	8 (72.73)	“ขั้วแคโทด คือ เหรียญทองแดง (Cu) ขั้วแอโนดคือเงิน (Ag) ในการเกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด Ag^+ ที่อยู่ในสารละลายจะมารับอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด และเกิดเป็น Ag เกาะอยู่บนผิวของเหรียญทองแดง เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ดังนี้ $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	3 (27.27)	“การชุบเหรียญทองแดงด้วยโลหะเงิน ไอออนของโลหะเงินจะไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทด เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ดังนี้ $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$”

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 6 เรื่อง การชุบด้วยโลหะ พบว่า นักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ข้อที่ (1) หลักการชุบด้วยไฟฟ้า จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วโลหะ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 72.73

มโนมติระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่าในข้อที่ (1) หลักการชุบด้วยไฟฟ้า จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 โดยคำตอบของนักเรียนยังขาดการอธิบายอย่างละเอียดว่า ไอออนของ Cr^{3+} ในสารอิเล็กโทรไลต์จะไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทดซึ่งคือกลอนประตูเหล็กที่จะนำมาชุบ แล้วเกิดเป็น Cr และเกาะติดบนผิวของกลอนประตูเหล็ก และ Cr โลหะที่จะใช้ชุบเป็นขั้วแอโนดจะเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน เกิดเป็น Cr^{3+} ขึ้นมา ทำให้ความเข้มข้นของ Cr^{3+} ในอิเล็กโทรไลต์คงที่ตลอดเวลา”ว่า ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วโลหะ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 โดยนักเรียนขาดคำอธิบายประกอบสมการแสดงปฏิกิริยาว่า Ag^+ ที่อยู่ในสารละลายจะมารับอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด และเกิดเป็น Ag เกาะอยู่บนผิวของเหรียญทองแดง ส่วน Ag ที่ใช้เป็นขั้วแอโนดจะเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนกลายเป็น Ag^+ มาแทนที่ Ag^+ ที่สูญเสียไปในสารอิเล็กโทรไลต์

2. ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 7 คือ การแยกสลายด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย ข้อที่ (13) การแยกสลายด้วยไฟฟ้า และข้อที่ (14) สมการและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ดังตารางที่ 22

ตาราง 22 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ 7 คือ การแยกสลายด้วยไฟฟ้าในวงจรปฏิบัติการที่ 3

มโนมติที่ 5	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. หลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้า	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	2 (18.18)	“ขั้วลบ สารที่สามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้ คือ Cu^{2+} และ H_2O เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า Cu^{2+} มีค่า E^0 สูงกว่า มีความสามารถชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น Cu^{2+} เกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด ขั้วบวก สารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ คือ SO_4^{2-} และ H_2O เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า H_2O มีค่า E^0 ต่ำกว่า แสดงว่าสามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ดังนั้น H_2O เกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด เมื่อเกิดปฏิกิริยา Cu^{2+} จะรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น Cu ที่ขั้วแคโทด และเกิด O_2 ที่ขั้วแอโนด”
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	6 (54.55)	“ขั้วลบ สารที่สามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้ คือ Cu^{2+} และ H_2O เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า Cu^{2+} มีค่า E^0 สูงกว่า จึงเป็นสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ขั้วบวก สารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ คือ SO_4^{2-} และ H_2O เมื่อพิจารณาค่า E^0 พบว่า H_2O มีค่า E^0 ต่ำกว่า จึงเป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน”

ตาราง 22 (ต่อ)

มโนมติที่ 5	ระดับความเข้าใจมโนมติ	จำนวน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. หลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้า	ความเข้าใจระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	3 (27.27)	"สารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วลบ คือ Cu^{2+} มีค่า E^0 สูงกว่า สามารถชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า และสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วบวก คือ H_2O เพราะมีค่า E^0 ต่ำกว่า สามารถให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า เมื่อเกิดปฏิกิริยา Cu^{2+} จะไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วแอโนด เกิดเป็น Cu เกาะที่ขั้วแอโนด"
2. สมการและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า	ความเข้าใจระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)	4 (40.00)	"เมื่อ $MgCl_2$ แตกตัวเป็นไอออน จะได้ Mg^{2+} และ Cl^- เมื่อทำการแยกด้วยไฟฟ้า ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด (-) จะมี Mg^{2+} ไปรับอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ได้เป็น Mg สามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาดังนี้ $Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$"
	ความเข้าใจระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	7 (70.00)	"Mg^{2+} เกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด ดังนี้ $Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$"

จากการวิเคราะห์แนวคำตอบของนักเรียนในมโนมติที่ 7 เรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า พบว่านักเรียนมีมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ข้อที่ (1) หลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้า จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00

มโนมติระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่าในข้อที่ (1) หลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้า จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 โดยคำตอบของนักเรียนยังขาดการอธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาว่า Cu^{2+} คือสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จะไปรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น Cu เกาะที่ขั้วแคโทด และ H_2O เกิดออกซิเดชัน สูญเสียอิเล็กตรอนเกิดเป็น O_2 ที่ขั้วแอโนด ข้อที่ (2) สมการและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 70.00 โดยนักเรียนขาดการ

อธิบายกระบวนการแตกตัวของ $MgCl_2$ ว่าเมื่อ $MgCl_2$ เกิดการหลอมเหลว จะเกิดเป็นไอออนของ Mg^{2+} และ Cl_2 ก่อนที่ Mg^{2+} จะไปรับอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ได้เป็น Mg ดังสมการที่นักเรียนเขียนแสดง

นอกจากนี้ พบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในข้อที่ (1) หลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้า จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 โดยนักเรียนอธิบายว่าสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วลบ คือ Cu^{2+} มีค่า E^0 สูงกว่า สามารถชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่า เมื่อเกิดปฏิกิริยา Cu^{2+} จะไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วแอโนด เกิดเป็น Cu เกาะที่ขั้วแอโนดกล่าวผิด เพราะ Cu^{2+} จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด ดังนั้นเมื่อ Cu^{2+} รับอิเล็กตรอน จะเกิดเป็น Cu เกาะที่ขั้วแคโทด ไม่ใช่แอโนด

ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การชุบด้วยโลหะ

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนให้ความสนใจสถานการณ์ที่ครูนำเสนอเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐาน และให้ความสนใจเป็นอย่างมากกับตัวอย่างอุปกรณ์จริงที่มีในชีวิตประจำวันที่ถูกนำมาชุบด้วยโลหะต่างๆ
- นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานที่ครูจัดขึ้น
- นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำการทดลอง แต่มีนักเรียนบางคนขาดความกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนทุกคนสามารถตอบคำถามและอธิบายเหตุผลเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานในขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ได้อย่างถูกต้อง
- นักเรียนสามารถตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นคำถามที่ครูตั้งขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนได้ สามารถใช้หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาอ้างอิงคำตอบได้ ในระหว่างการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า

1. ความสนใจในการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

- นักเรียนทุกคนให้ความสนใจดูวีดีโอที่ครูนำเสนอ และให้ความสนใจกับสถานการณ์ที่ครูนำเสนอเพื่อตรวจสอบมโนมติพื้นฐานในขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ

- นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำการทดลอง โดยทุกคนทราบบทบาทและหน้าที่ของตนเองมากขึ้น

2. การตอบคำถามแสดงความคิดเห็น

- นักเรียนทุกคนสามารถตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐาน และอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบของนักเรียนโดยใช้หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาอ้างอิงในขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะได้อย่างถูกต้อง

- นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติ และแสดงความคิดเห็นในประเด็นคำถามที่ครูตั้งขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนได้ แต่มีนักเรียนบางคนที่ไม่ได้ตอบคำถามในระหว่างการทำกิจกรรมในคาบเรียนนั้นๆ เลย

3. ปัญหาในการทำกิจกรรม

- นักเรียนบางคนเข้าห้องเรียนช้า เนื่องจากติดภาระกิจการทำกิจกรรมอื่นๆ ของโรงเรียน ทำให้มีปัญหาในการจัดกลุ่มนักเรียนบางกลุ่ม และการเรียนรู้ในคาบนั้นเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง

- นักเรียนบางคนขาดความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนในคาบเรียนนั้น และนักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการตอบคำถามในระหว่างการทำกิจกรรม

ข้อมูลจากการตอบแบบสัมภาษณ์ของนักเรียน

เพื่อให้ทราบปัญหาและข้อบกพร่องในการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียน 3 คนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คือ นักเรียนคนที่ 12, 24 และ 26 โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ใน 2 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ และ 2. ด้านครูผู้สอน ดังนี้

1. ด้านการจัดกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้

1) นักเรียนชอบทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เพราะกิจกรรมมีความน่าสนใจ ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ชอบการทำกิจกรรมการทดลองค่ะ กิจกรรมการทดลองทำให้เห็นวิธีการชุบด้วยโลหะของสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันด้วย...”

(นักเรียนคนที่ 24; สัมภาษณ์)

2) นักเรียนชอบสื่อที่ครูนำเสนอ

“...ชอบรูปภาพและวีดีโอที่ครูเอามาเปิดให้ดูค่ะ มีความน่าสนใจ และชัดเจนดี วีดีโอไม่ยาวเกินไป ดูแล้วไม่น่าเบื่อจนหนูสามารถตั้งใจดูจนจบได้...”

(นักเรียนคนที่ 12; สัมภาษณ์)

3) นักเรียนเหนื่อยล้าจากการทำกิจกรรมของโรงเรียนมา ไม่อยากทำกิจกรรมในชั้นเรียน ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...หนูชอบการทดลองนะคะ แต่หนูเพิ่งมากจากทำกิจกรรมของโรงเรียน รู้สึกว่าคาบนั้นตามเพื่อนไม่ค่อยทันเรียนไม่ค่อยรู้เรื่อง ไม่ค่อยมีสมาธิฟังครูเท่าไหร่ เพื่อนตอบอะไรบ้างหนูก็ตามไม่ทันค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 24; สัมภาษณ์)

“...กิจกรรมการทดลองที่ครูนำมาให้ทำมีความน่าสนใจ แต่บางครั้งหนูเพิ่งมาจากการทำกิจกรรมอื่นของโรงเรียนแล้วต้องมาเข้าเรียนต่อเลยทำให้หนูไม่ค่อยอยากเรียน และทำกิจกรรมได้ไม่เต็มที่ค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 26; สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

1) กิจกรรมตอบคำถามครูรีบเฉลยก่อน

“...ตอบคำถามไม่ทันค่ะ ครูให้เวลาคิดน้อย บางครั้งหนูยังไม่ได้ตอบคำถามที่ครูถามมาครูก็ข้ามไปเลย เวลาไปทำข้อสอบพอเห็นคำถามที่คล้ายๆกัน เลยไม่รู้ว่าต้องตอบแบบไหนจึงจะถูกค่ะ ...”

(นักเรียนคนที่ 12; สัมภาษณ์)

"...บางครั้งเวลาครูให้ตอบคำถามเอาคะแนนเพิ่ม ครูให้เวลาคิดคำตอบน้อยเกินไป หนูตอบไม่ทันได้ครูก็รีบเฉลยก่อนเลย อยากให้ครูให้เวลาหนูได้คิดเองก่อนค่ะ..."

(นักเรียนคนที่ 24; สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรม และบทสัมภาษณ์พบว่า สื่อที่มีความน่าสนใจและมีความชัดเจนส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนดีขึ้น การนำตัวอย่างสิ่งที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันมานำเสนอ และนำมามีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลองช่วยให้นักเรียนได้เห็นสิ่งที่เป็นรูปธรรม สามารถสร้างความสนใจและความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อที่เรียนนำไปสู่การมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่าความเหนื่อยล้าจากการทำกิจกรรมอื่นๆ ทำให้ความสนใจในกิจกรรมและความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนลดน้อยลง

หลังจากผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ จากนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 35 คน พบว่ามีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ จำนวน 32 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน จากการวิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์พบว่านักเรียนไม่ค่อยได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการตอบคำถาม ทั้งนี้เกิดจากการที่ครูผู้สอนให้เวลาในการคิดคำตอบน้อย และเร่งรีบในการเฉลยคำตอบ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีความเหนื่อยล้าจากการทำกิจกรรมอื่นๆ ทำให้ความสนใจในกิจกรรมและความสามารถในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนลดน้อยลง จึงมีผลต่อความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนและส่งผลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย จากการดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 3 วงรอบปฏิบัติการ สามารถสรุปจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังตาราง 23

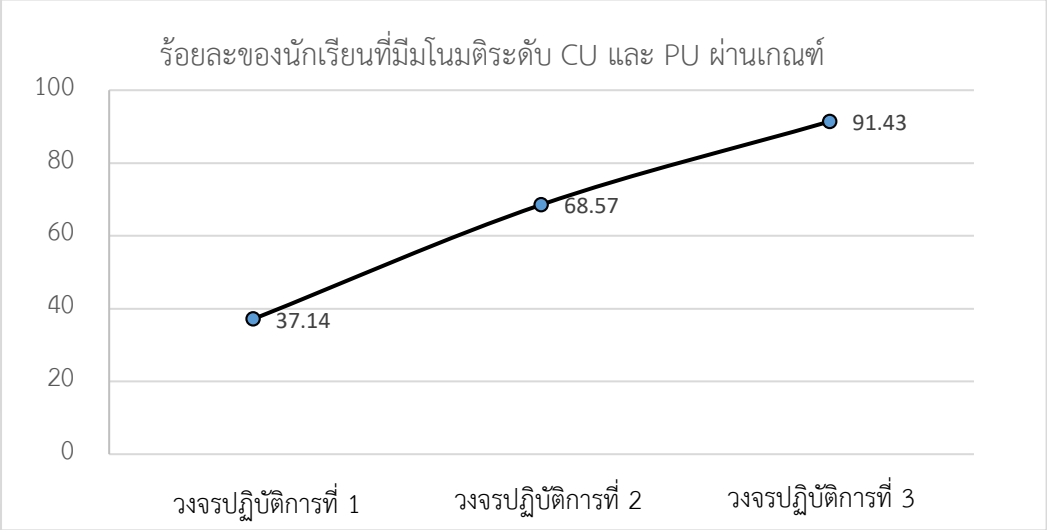
พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 23 สรุปผลจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่	จำนวนและร้อยละของนักเรียน			
	ผ่านเกณฑ์	ร้อยละ	ไม่ผ่านเกณฑ์	ร้อยละ
1	13	37.14	22	62.86
2	24	68.57	11	31.43
3	32	91.43	3	8.57

จากตาราง 23 จากการดำเนินการทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ จำนวน 13 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่ามีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 24 คน และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 32 คน

จากวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร สามารถเขียนเป็นกราฟแสดงพัฒนาการของร้อยละของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 พัฒนาการของร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ แต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากภาพ แสดงให้เห็นว่าร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 สูงขึ้นตามลำดับ

โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 37.14 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 68.57 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 91.43

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

สรุปผล

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive learning cycle) เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 35 คน จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน เมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า

วงจรปฏิบัติการที่ 1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) เซลล์กัลวานิก 2) แผนภาพเซลล์กัลวานิก และ 3) ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ พบว่ามีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่

สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14

วงจรปฏิบัติการที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และ 2) การคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ พบว่ามีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 68.57

วงจรปฏิบัติกรที่ 3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 2แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และ 2) การแยกสลายด้วยไฟฟ้า พบว่ามีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.43

อภิปรายผล

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 35 คน มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) ผ่านเกณฑ์ จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.43 และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.57 โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน พบว่ามีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) ผ่านเกณฑ์ จำนวน 13 คน จากนักเรียนทั้งหมด 35 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14 และมีนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) จำนวน 22 คิดเป็นร้อยละ 62.86 คน โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องเซลล์กัลวานิก และเรื่องแผนภาพเซลล์กัลวานิก โดยอยู่ในระดับที่สมบูรณ์ (CU) และระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และยังมีบางคนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจมโนมติ (NU) และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และยังมีนักเรียนบางคน

ที่มีความเข้าใจมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจมโนมติ (NU) ทั้งนี้อธิบายได้ว่า

1) เป็นผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในขั้นที่ 1 ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ซึ่งผู้เรียนได้ตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานและแก้ไขให้ถูกต้องก่อนที่จะเริ่มทำการศึกษามโนมติที่มีความเกี่ยวเนื่องกันต่อไป เนื่องจากผู้วิจัยใช้สื่อและสถานการณ์ในการนำเสนอปัญหาเพื่อถามคำถามที่ไม่ค่อยมีความน่าสนใจและดึงดูดความสนใจแก่นักเรียนเท่าที่ควร การมีส่วนร่วมในการตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าตอบตามความเข้าใจของตนเองเนื่องจากกลัวตอบผิด ผู้วิจัยจึงต้องหาแนวทางต่างๆ ให้นักเรียนทุกคนร่วมตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้อง เพราะการมีมโนมติพื้นฐานที่ถูกต้องจะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ในเนื้อหาที่มีความเกี่ยวเนื่องกันได้ดี และมีความเข้าใจระดับมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับ Strike และ Posner (1985) ที่กล่าวว่า มนุษย์ใช้มโนมติพื้นฐานเป็นกรอบอ้างอิงในการรับรู้ ทำความเข้าใจ และตีความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันในขั้นที่ 1 ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ผู้วิจัยต้องเน้นวิธีการนำเสนอคำถามในการตรวจสอบมโนมติพื้นฐานให้มีความน่าสนใจ โดยใช้เป็นรูปภาพ สื่อวีดีโอที่มีความน่าสนใจมาใช้กับนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนกล้าตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานโดยมีการให้คะแนนนักเรียนที่ตอบคำถาม

2) เป็นผลเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ ที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและค้นหาข้อมูลด้วยตัวเองแล้วสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา เนื่องจากในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ นักเรียนไม่ได้มีส่วนร่วมทุกคน นักเรียนหลายคนไม่กล้าเข้าร่วมกิจกรรมอย่างเต็มที่เนื่องจากกลัวการทำผิดพลาด และบางกลุ่มไม่สามารถทำการทดลองได้ เนื่องเป็นกลุ่มที่มีนักเรียนกลุ่มอ่อนอยู่ด้วยกัน รวมทั้งการอภิปรายผลการทดลองที่นักเรียนหลายคนไม่กล้าอภิปรายตามความคิดเห็นของตัวเองเนื่องจากกลัวผิด ผู้วิจัยจึงต้องหาแนวทางต่างๆ ให้นักเรียนทุกคนมีโอกาสในการลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริง และร่วมอภิปรายผลตามความคิดเห็นของตนเอง เพราะการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนนำประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติ มาวิเคราะห์ และเกิดความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาได้อย่างลึกซึ้ง สอดคล้องกับสอดคล้องทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่ Eggen และ Kauchak (2001) ได้กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนจะใช้ประสบการณ์เดิมของพวกเขาในการสร้างความหมายใหม่

มากกว่าการรอรับความรู้จากบุคคลอื่น ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ ผู้วิจัยต้องเน้นการแก้ปัญหาโดยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทุกคนได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเอง และเน้นให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการอภิปรายผลการทดลอง กล่าวคือ ผู้วิจัยต้องจัดชุดอุปกรณ์การทดลองให้นักเรียนทุกคนสามารถทดลองด้วยตัวเอง และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความมั่นใจ กล้าที่จะแสดงออก รวมทั้งจัดกลุ่มนักเรียนให้คละความสามารถนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อนอยู่ด้วยกัน และชี้แจงว่านักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง

3) เป็นผลเนื่องมาจากความสามารถของผู้เรียนในการสรุปผลองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษา และการอภิปรายคำตอบจากการทำใบกิจกรรมระหว่างเรียน ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถทำได้อย่างตรงประเด็นและครบถ้วน ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ ผู้วิจัยต้องแก้ปัญหาโดยการอธิบายเทคนิค และขั้นตอนในการสรุปความและอภิปรายผลคำตอบให้กับผู้เรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปความและอภิปรายคำตอบได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยเน้นการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความไม่เข้าใจ (NU) จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 22 คน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในขั้นที่ 1 ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ได้มีการปรับให้มีกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ก่อนที่จะตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของตนเองใน และเลือกใช้สื่อวีดีโอและภาพเคลื่อนไหวการ์ตูนที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและมีความยาววีดีโอไม่มากจนเกินไปในการนำเสนอ ในการทำกิจกรรมแบบกลุ่ม ผู้วิจัยจัดกลุ่มโดยคละความสามารถให้นักเรียนกลุ่มเก่ง-ปานกลาง-อ่อน อยู่ด้วยกัน รวมทั้งออกแบบกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทำการทดลอง และชี้แจงกับนักเรียนว่าทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม โดยให้นักเรียนเขียนกำกับหน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมายในแต่ละกิจกรรม นอกจากนี้ยังมีการอธิบายเทคนิคและขั้นตอนในการเขียนสรุปความ และการเขียนอภิปรายผลคำตอบให้กับนักเรียนก่อนที่จะเริ่มทำกิจกรรมในขั้นการสำรวจ/ค้นหามโนมติ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ผ่านเกณฑ์ จำนวน 11 คน จากนักเรียนทั้งหมด 22 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 เมื่อพิจารณาระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 22 คน

พบว่า ในมโนมติเรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ นักเรียนเกือบทั้งหมดมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่สมบูรณ์ (CU) และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และในมโนมติเรื่อง ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติอยู่ในระดับที่สมบูรณ์ (CU) และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และมีนักเรียนบางส่วนที่ยังมีมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) บางคน ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติระดับความไม่เข้าใจมโนมติเลย ผลจากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันพบว่า ในขั้นที่ 1 ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ การใช้สื่อที่เป็นวีดีโอที่มีลักษณะเป็นการ์ตูน และมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากขึ้นมานำเสนอสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานของนักเรียนก่อนจะเชื่อมโยงไปสู่มโนมติต่อไป พบว่านักเรียนทุกคนให้ความสนใจและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม รวมทั้งมีส่วนร่วมในการตอบคำถามเพื่อแสดงมโนมติพื้นฐานได้อย่างถูกต้องมากขึ้น สอดคล้องกับ Vasilyev (2010) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อที่เป็นภาพนิ่ง สื่อมัลติมีเดีย หรือวีดีโอนั้น มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนได้ทบทวนความรู้และตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของตนเองตามแนวคิดเมตาคอกนิชันได้ถูกต้องแล้ว นักเรียนยังมีความพร้อมและสามารถเชื่อมโยงไปสู่มโนมติที่จะศึกษาต่อไปได้ สอดคล้องกับ Bruner, Goodnow & Austin (1956) ที่กล่าวว่าในการสร้างมโนมติในสิ่งที่เรียน การเชื่อมโยงเพื่อให้มองเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่อเนื่องกันเป็นลำดับขั้น สามารถเชื่อมโยงมโนมติเดิมที่เป็นความรู้พื้นฐานเข้ากับมโนมติหรือความรู้ใหม่ในโครงสร้างทางสติปัญญา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเข้าใจและมีความหมายในด้านเนื้อหาวิชา ในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ นักเรียนทุกคนได้เป็นผู้ลงมือทำการทดลองและค้นหามโนมติด้วยตนเอง พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบการทดลองและเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้ถูกต้อง สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความกระตือรือร้นและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม รวมทั้งมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและการอภิปรายผลภายในกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในเนื้อหาที่ศึกษาและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดที่เรียกว่า Learning by doing คือ การเรียนรู้ที่มีการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น (Dewey, 1993:19; อ้างถึงในทิศนา แขมณี, 2547:49) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากทุกกลุ่มมีสมาชิกเป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง-ปานกลาง-อ่อน คละความสามารถอยู่ด้วยกันกัน นักเรียนจึงได้ใช้ความสามารถเฉพาะตัวของแต่ละคนในการร่วมกันทำ

กิจกรรมให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย สอดคล้องกับที่ Slavin (1995) นำเสนอ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ยังพบว่ายังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) เนื่องจากนักเรียนยังมีปัญหาในการอภิปรายผลการทดลองและการเขียนสรุปความ โดยนักเรียนหลายคนยังอภิปรายผลการทดลองไม่ตรงประเด็น และนักเรียนเขียนสรุปความได้ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ และยังพบว่านักเรียนใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลเพื่อทำการทดลองนานพอสมควร ส่งผลให้เวลาในการนำเสนอข้อมูลของนักเรียนน้อยลง การนำเสนอข้อมูลของนักเรียนยังนำเสนอข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ พบว่า นักเรียนชอบกิจกรรมการทดลอง แต่นักเรียนมีปัญหาในการสืบค้นข้อมูล คือ ไม่รู้ว่าจะสืบค้นได้ถูกต้องหรือไม่ และไม่รู้ว่าควรใช้คำในการค้นว่าอย่างไรเพื่อให้สามารถหาข้อมูลที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนยังให้สัมภาษณ์ว่าสื่อที่นำเสนอปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงมีความไม่ชัดเจน นักเรียนไม่สามารถมองภาพออกว่าครูต้องการจะนำเสนอสิ่งใด ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงต้องเน้นแก้ปัญหาการเขียนสรุปผลและการอภิปรายผลการทดลองโดยการอธิบายเทคนิคและวิธีการพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และมีตัวอย่างสถานการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกเพื่อให้เกิดความคุ้นชินและชำนาญมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยควรเน้นการใช้สื่อที่เป็นภาพเคลื่อนไหว หรือวีดีโอสั้นๆที่ส่งเสริมให้นักเรียนเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน และผู้วิจัยต้องมีการชี้แนะแนวทางในการสืบค้นข้อมูล รวมทั้งมีการแนะนำแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือให้แก่นักเรียน เพื่อให้ในกระบวนการสืบค้นข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็วและได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยเน้นการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับความไม่เข้าใจ (NU) จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 จำนวน 11 คน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมือนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แต่เน้นแก้ปัญหาการใช้สื่อการสอนบางอย่างที่มีความไม่ชัดเจน ที่ทำให้นักเรียนมองภาพการเปลี่ยนแปลงไม่ออก โดยเลือกใช้สื่อที่เป็นภาพเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันมาใช้ มีการชี้แนะแนวทางในการสืบค้นข้อมูล รวมทั้งมีการแนะนำแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือให้แก่นักเรียนก่อนที่จะเริ่มทำกิจกรรมเพื่อสำรวจและค้นหามโนมติ และเน้นแก้ปัญหาการเขียนสรุปผลและการอภิปรายผลการทดลองโดยการอธิบายเทคนิคและวิธีการพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และมีตัวอย่างสถานการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกทำ พบว่า มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

จำนวน 8 คน จากนักเรียนทั้งหมด 11 คน คิดเป็นร้อยละ 72.73 และมีนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 เห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และมีเพียงนักเรียนบางคนที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ซึ่งมีจำนวนลดลงจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) หรือระดับความเข้าใจมโนมติ (NU อธิบายได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ในขั้นที่ 1 ขั้นประเมินมโนมติ/ตรวจสอบสถานะ การใช้สื่อที่เป็นภาพเคลื่อนไหวที่มีความชัดเจนและมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมานำเสนอ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน นักเรียนให้ความสนใจและตั้งใจดูวีดีโอที่ครูนำเสนอ ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามและเชื่อมโยงมโนมติพื้นฐานเดิมไปสู่มโนมติใหม่ที่จะศึกษาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับ Bibokaite (2009) ที่กล่าวว่าการใช้สื่อประกอบการสอนทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ จึงสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี และการนำตัวอย่างสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันมานำเสนอ ช่วยให้นักเรียนได้เห็นสิ่งที่เป็นรูปธรรม สามารถสร้างความสนใจและความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อที่เรียนนำไปสู่การมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น ในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ ผู้วิจัยได้มีการชี้แนะแนวทางในการสืบค้นข้อมูล และแหล่งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ทำให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลมาใช้ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว นักเรียนจึงสามารถสำรวจและค้นหามโนมติจากการศึกษาและทำการทดลองด้วยตนเองได้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนด จึงมีเวลาเพียงพอได้นำเสนอมโนมติและตรวจสอบสถานะในขั้นที่ 3 จากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นและทำการทดลองรวมทั้งจากการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม นอกจากนี้ในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหามโนมติ ผู้วิจัยยังได้เน้นอธิบายเทคนิคในการเขียนสรุปความ และการอภิปรายข้อมูล พร้อมทั้งการยกตัวอย่างประกอบและเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกหัดจนเกิดความชำนาญ ทำให้นักเรียนสามารถเขียนสรุปความและเขียนอภิปรายผลได้อย่างถูกต้องครบถ้วน สอดคล้องกับกฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) ของ Thorndike ที่กล่าวว่าการได้ฝึกหัดหรือกระทำการอันใดซ้ำๆบ่อยๆ จะทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญและส่งเสริมให้เกิดความสมบูรณ์ถูกต้อง (ทิศนา แขมณี, 2555:63) โดยสิ่งที่กล่าวมานี้ช่วยทำให้นักเรียนสามารถจำแนกข้อมูลเพื่อให้มองเห็นองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยที่เชื่อมโยงกันสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติที่เป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่านักเรียนจำนวน 3 คน ที่ยังมีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับที่

คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เนื่องจากนักเรียนไม่ค่อยได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการตอบคำถาม ซึ่งเกิดจากการที่ครูผู้สอนให้เวลาในการคิดคำตอบน้อย และเร่งรีบในการเฉลยคำตอบ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านส่วนตัวของผู้เรียนมีผลต่อการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วย เนื่องจากความเหนื่อยล้าจากการทำกิจกรรมอื่นๆ ส่งผลต่อความสนใจและความกระตือรือร้นในกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อความสามารถในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนลดน้อยลง จึงมีผลต่อความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนและส่งผลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย สอดคล้องกับที่ Murray (1938) กล่าวว่า ความกระตือรือร้น และความพร้อมในการเรียนรู้ของผู้เรียนช่วยส่งเสริมให้เกิดความสำเร็จและบรรลุผลตามเป้าหมาย หากผู้เรียนขาดความพร้อมและไม่มีความกระตือรือร้นอันเนื่องมาจากความเหนื่อยล้าจากการทำกิจกรรมอื่นๆ สามารถส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ในห้องเรียนของผู้เรียนได้

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สำรวจและค้นหามโนมติผ่านการลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาได้อย่างลึกซึ้ง ช่วยให้ผู้เรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น สอดคล้องตามแนวคิด Learning by doing ของ Dewey (1993) และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการตรวจสอบสถานะมโนมติด้วยตนเองตามแนวคิดเมตาคอกนิชันใน 3 ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน จนทำให้นักเรียนสามารถตระหนักได้ว่าขณะนี้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ หรือนักเรียนมีการรับรู้บางอย่างที่ผิดพลาด และนักเรียนพร้อมที่จะแก้ไขมโนมติให้ถูกต้อง สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของ Posner et al. (1982) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันจึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ALRwaythi (2012) ที่ได้ศึกษาความเข้าใจมโนมติในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของคลื่นและเสียง โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่พัฒนา พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มีคะแนนเฉลี่ยมโนมติหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 งานวิจัยของนฤดล บรรจง (2557) ที่ได้ศึกษาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติมากขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดน้อยลงทุกมโนมติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะมาศ บุญประกอบ (2554) ที่ศึกษาการพัฒนามโนมติในการเรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนตาม

วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ควรจัดกลุ่มการทำกิจกรรมแบบคละความสามารถเก่ง-ปานกลาง-อ่อน เพื่อลดปัญหาที่นักเรียนกลุ่มอ่อนอยู่ด้วยกัน ทำให้ทำกิจกรรมไม่เสร็จสิ้นตามที่กำหนด

1.2 ควรมีการแนะนำหลักและวิธีการสืบค้นข้อมูล รวมทั้งแนะนำแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือในการสืบค้น

1.3 ควรเลือกใช้สื่อที่มีความหลากหลาย มีความชัดเจน และมีความน่าสนใจ เช่น สื่อวีดีโอ ภาพเคลื่อนไหวที่มีลักษณะเป็นการ์ตูน และมีความยาวไม่มากเกินไป

1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในขั้นการสำรวจค้นหามโนมติที่ต้องทำกิจกรรมแบบกลุ่ม ครูผู้สอนควรกระตุ้นและเน้นย้ำให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม

1.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ในขั้นประยุกต์ใช้มโนมติ/ตรวจสอบสถานะ ควรนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และนำเสนอสถานการณ์ที่หลากหลายและมีความน่าสนใจ

1.6 ในกิจกรรมการตอบคำถาม ควรกำหนดเวลาให้นักเรียนได้คิดคำตอบให้เหมาะสมกับข้อคำถาม เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้มีโอกาสและมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาว่าเหตุใดบางมโนมติจึงพัฒนาได้ยาก และหายุทธวิธีพัฒนามโนมติเหล่านี้ จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่า มโนมติที่เกี่ยวกับเรื่อง ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ มีนักเรียนที่พัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้น้อย อาจเป็นเพราะ

มโนมติในเรื่องนี้เกี่ยวข้องกับการคำนวณ โดยในการคำนวณจะต้องมีการพิจารณาข้อมูลเพื่อระบุปฏิกิริยาและขั้วไฟฟ้าให้ถูกต้องจึงจะสามารถทำการคำนวณอย่างได้ถูกต้อง

2.2 การตรวจสอบมโนมติพื้นฐานของนักเรียนในขั้นประเมินมโนมติและตรวจสอบสถานะ ควรมีวิธีการที่หลากหลาย โดยในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการถามคำถาม นักเรียนหลายคนตอบตามเพื่อน ทำให้นักเรียนขาดการแสดงมโนมติของตนเอง และทำให้ไม่รู้ว่ามโนมติพื้นฐานที่แท้จริงของนักเรียนอยู่ในระดับใด

2.3 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ควรมีวิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้รู้ถึงความเข้าใจที่แท้จริงของนักเรียน โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบวัดมโนมติแบบปรนัย 4 ตัวเลือกและให้เหตุผลประกอบ ซึ่งบางมโนมตินักเรียนไม่ได้เขียนเหตุผลในการเลือกคำตอบนั้นๆ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กิตติศักดิ์ นิวรัตน์. (2546). *การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบเครือข่ายบริเวณเฉพาะที่โดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการสำหรับวิชาปฏิบัติไฟฟ้าเบื้องต้นระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงมโนทัศน์*. (2nd ed). กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.

จันทร์จิรา ชุ่มเรืองศรี. (2539). *การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์(ว102) เรื่องระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2554). *การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกลเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพและปริมณฑล*. ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จำนง พรายแย้มแข. (2516). *เทคนิคและวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ: ไทยวัฒนาพานิช.

ชัยพร วิชชาวุธ. (2519). *การวิจัยเชิงจิตวิทยา*. กรุงเทพฯ: สารมวลชน

ทวีป บรรจงเปลี่ยน. (2540). *การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องโลกสีเขียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามทฤษฎีของ Posner กับการสอนปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทวีป ศิริรัศมี. (2545). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทิศนา แขมมณี. (2545). *รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย*. กรุงเทพฯ: ดานสุทธา การพิมพ์.

_____. (2547). ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2555). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: เอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ธิดารัตน์ คำแพง. (2560). *การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชนั้มัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Kolb โดยยึดรูปแบบ วงจรการเรียนรู้ TSOI*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธิดารัตน์ ทองดี. (2554). *การศึกษามโนมติเรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนการต้มเกลือสินเธาว์ประกอบการสอนโดยใช้วัฏจักรการ สืบเสาะหาความรู้ (5E)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2537). *การสร้างบทเรียนสำเร็จรูปเสนทางสูอาจารย์ 3*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระวุฒิ เอกะกุล. (2551). *การวิจัยปฏิบัติการ*. อุบลราชธานี: ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป.

นงนาฏ รัตนประภา. (2551). *การศึกษามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พืช*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นงลักษณ์ มีแก้ว. (2555). *ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้รูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นภาพร แถวโนนงิ้ว. (2537). *การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกสีเขียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นฤดล บรรจง. (2557). *ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงมโนมติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นัฏฐพร กมลทิพย์. (2554). *การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การสลายอาหารระดับเซลล์ โดยใช้ทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2555). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. (4th ed). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

ประกิต ผลมูล. (2546). *การใช้แผนภูมิมโนมติในการปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยา เรื่อง รากและลำต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการศึกษาและการสอนมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ปวีณา งามชัด. (2556). *การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นคุณค่า ในตนเองกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยะมาศ บุญประกอบ. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พนัส หันนาคินทร์. (2526). การบริหารบุคลากรในโรงเรียน. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.

พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ. (2553). การปรับเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง เซลล์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามแนวคิดของ Hewson and Hewson (2003). *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 4(3):68–77.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2537). *การพัฒนาการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในประมวลชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5-7*. กรุงเทพมหานคร: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พาณิชย์ แน่นอุดร. (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ SSCS ที่มีต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาบูรพา.

พิชา ชัยจันดี. (2552). *ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อนเปลี่ยนมโนมติและความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพจิตร สะดวกการ. (2539). *ผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงษ์. (2550). *การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง หน้าที่ยีนโดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มณีกานต์ หินสอ. (2549). *ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบไหลเวียนโลหิตในร่างกายมนุษย์ของนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงเมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ.* รายงานการศึกษาอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. (2537). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น* 17(2):11–15.

ยุพิน ผาบจันดา. (2554). *ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องอากาศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explanin (POE).*

วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. (2541). *ปรัชญาสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivist). เอกสารการประชุมวิชาการ Constructivism and Application to Teaching*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *Constructivism.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ ภูปาทา. (2545). *การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความคงทน ในการเรียนรู้ เรื่อง บรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการสอนโดยใช้ โมเดลการสร้างความรู้จากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนกับการสอนปกติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วราภรณ์ ชัยโอภาส. (2521). *การพัฒนาสมรรถภาพในการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: โรงพยาบาลประเสริฐศิริ.

วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง. (2543). *ผลการสอนเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 2(1):29-49.

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ. (2553). *ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง*.

กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

สนทยา บ้งพรม. (2558). *การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2555). *รายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษาโรงเรียนวาปีปทุม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานรับรอง มาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สิริญญา บาลธนะจักร์. (2554). *การเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุพิน จันทร์ลอย. (2543). *ความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในนักเรียนชาติพันธุ์กวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดนครราชสีมา.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวดี แสนคำภูมี. (2544). *ผลการสอนเพื่อแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ โดยใช้เอกสารอ่านประกอบซึ่งสร้างตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์ และคณะ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิทย์ มูลคำ. (2545). *วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. (2nd ed). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2548). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. (8th ed). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสาวลักษณ์ เหลืองดี. (2552). *ผลการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติและความพึงพอใจ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและการเกิดภาพ ของ*

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สามลดา.

Abraham, M. R., Williamson, V. M. & Westbrook, S. L.. (1994). A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 147-165.

Alrwaythi, E. M., & Sciences, S. (2012). *A Developed Teaching Model for Metacognitive Thinking : Developed Metacognitive Learning Cycle*. 637–647.

Aucubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Barman, C. and M. Kotar. (1989). *The Learning Cycle*. Science and Children, 26(7), 30-32.

Barman, C. (1997). *The Learning Cycle Revisited: A Modification of an Effective Teaching Model*. Monograph 6. Washington, DC: Council for Elementary Science International.

Beyer, B.K. (1987). *Practical Strategies for the Teaching of Thinking*. Boston, MA: Allyn and Bacon.

Bilbokaite, R. (2009). Visualization in Science Education: The Results of Pilot Research in Grade 10. *Problem of Education in 21st Century.* 16, 23-29.

Blank, Lisa M. (2000). A Metacognitive Learning Cycle: A Better Warranty for Student Understanding. *Science Education,* 84(4):486–506.

Bruner, J. S., J. J. Goodnow and G. A. Austin. (1957). *A study of Thinking*. New York: John, Wiley and Sons, Inc.

Carin, Arthur A. (1993). *Teaching Modern Science*. (6th ed). New York : Merrill, an imprint of Macmillian Publishing Company.

De Cecco, J. P. (1968). *The Psychology of Learning and Instruction : Educational Psycology*. Englewood: Prentice-Hall.

Derry, S. J., & Murphy, D. A. (1986). Designing systems that train learning ability: From theory to practice. *Review of Educational Research, 56*(1), 1–39.

Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Collier.

Dewey, J. (1974). *Experience and education.* New York: kappa delta pi.

Chambers S.K., & Andre T. (1997). Gender, Prior Knowledge, Interest and Experience and Conceptual Change Text Manipulations in Learning about Direct Current. *Journal of Researe in Sciene Teaching*, 34(2).

Chi, M. T. H. and et al. (1994). From Thing to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction,* 4(1):27–43.

Clement, J. (1993). Using bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Student Preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 30(10) : 1241-1257.

Coll. (2008). *Using Analogies in Middle and Secondary Science Classroom: Effective Chemistry Analogies*. United States of America: Carwin Press.

Dewey, J. (1993). *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Boston: D. C. Heath.

Donovan, S. and Bransford J. (2005). *How Students Learn: Mathematice in the Classroom*. Washington, DC: National Research Council.

Eggen, P. and Kauchak D. (2001). *Educational Psychology Windows on Classrooms*. 5th ed. Columbus: Prentice-Hall.

Fetherstonhaugh, Tony & David F. Treagust. (1992). Students' Understanding of Light and Its Properties: Teaching to Engender Conceptual Change. *Science Education*, 76(6):653–672.

Fisher, K.M. (1983). Amino Acid Translation: A Misconception in Biology. in *In Proceeding International Seminar: Misconception in Science and Mathematics Intheca*. New York: Cornell University.

Flavell, J.H. (1979). *Metacognition and Cognitive Monitoring : A New Area of Cognitive Development Inquiry*. American Psychologist.

Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: Mc Graw Hill Book.

Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A Dual-Process model of teacher's cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15(2): 147-179.

Haider, M.H. (1997). *Frameworkthographie.In:Horst Haider Orthographie Als Sprachkultur*. Frankfurt: Lang.

Hewson, M.G. & Hewson P.W. (1983). *Effect of Instruction Using Students, Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning*. [n.p.].

Hewson P.W. (1992). Conceptual Change in Science Teaching and Teacher Education. *Paper presented at a meeting on 'Research and Curriculum Development in Science Teaching*. Madrid, Spain.

Jenkins, J. R., & Deno, S. L. (1971). Influence of knowledge and type of objectives on subject-matter learning. *Journal of Educational Psychology, 62*(1), 67–70.

John, A. (2004). *Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally: Teaching Developmentally*. (8th ed). United States: Pearson.

Johnson, A.P. (2008). *A Short Guide to Action Research*. (3rd ed). Boston: Pearson Education.

Karplus, R. (1967). Science Teaching and the Development of Reasoning. *Journal of Researching Science Teaching*, 199(14), 169–175.

Kemmis, S. & McTaggart R. (1988). *The Action Research Planer*. (3rd ed). Victoria:

Deakin University.

Klausmeier. H.J. (1985). *Educational psychology*. (5th ed.). New York: Harper & Row.

Klopfer, E. (1971). *Hand Book on Formative and Cummative Evaluation of Student Learning*. New York: Mcgraw-Hill.

Kural, M., & Kocakülah, S. M. (2016). Teaching for Hot Conceptual Change: Towards a New Model, Beyond the Cold and Warm Ones. *European Journal of Education Studies*, 2(8), 1-40.

Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Watsworth Publishing Company.

Makiyah, Y.S., Utari S., & Samsudin A.. (2019). The Effectiveness of Conceptual Change Texts in Reducing Pre-Service Physics Teachers' Misconceptions in Photoelectric Effect. in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1157. Institute of Physics Publishing.

Martin, D.J. (1997). *Elementary Science Methods: A Constructivist Approach*. United State of America: Delmar Publishers.

Mulford, D. R., & Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of chemical education*, 79(6), 739.

Murray, H. H. (1938). *Explorations in personality*. New York: Oxford University Press.

National Research Council. 2012. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Odum, A. L. and Kelly, P. V. (2001). Intregrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concept to high school biology students. *Science Education*, 85, 615-635.

Osborne, R. and Wittrock, M. (1983). Learning Science: A Generative Process. *Science Education*, 67(4): 489-508.

Osborne, R. and Freyberg, P. (1988). *Children's science. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds). Learning in Science*. Auckland, New Zealand: Heinemann.

Pines, A. & West J.S. (1986). Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research within Source of Knowledge Framework. *Science Education,* 70(5):583–640.

Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., McKeachie, W. J. (1993). Reliability and predictive validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (Mslq). *Educational and Psychological Measurement*, 53, 801-813.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. andGerzog, W. A. (1982). *Accommodatation of Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change*. New York.

Romey, W. D. (1986). *Inquiry Techniques Teaching Science*. New Jersey: Prenict- Hal.

Royer, J. M. (1979). Theories of the Transfer of Learning. *Educaional Psychologist,* 14:53–69.

She, H.C. (2003). DSLM instructional approach to conceptual change involving thermal expansion. *Research Science & Technological Education*, 21, 43-54.

Slavin, Robert E. (1995). Cooperative Learning Theory, Research and Practice.

Spellman, Katie V., Andrea Deutsch, Christa P. H. Mulder, and Laura D. Carsten-Conner. (2016). Metacognitive Learning in the Ecology Classroom: A Tool for Preparing Problem Solvers in a Time of Rapid Change. *Ecosphere*, 7(8).

Strike, K. A.,& Posner, G. J. (1985). *A conceptual change view of learning and understanding. In L. West & L. Pines (Eds.), Cognitive structure and conceptual change*. Orlando, FL: Academic Press.

Thiele, R.B., & Treagust, D. F. (1991). Unsing Analogies To Aid Understanding in Secondary Chemistry Education. *Journal of the Scienceteachers' Association of Western Australian,* 26(2):17–21.

Uzuntiryaki, Esen and Ömer Geban. (2005). Effect of Conceptual Change Approach

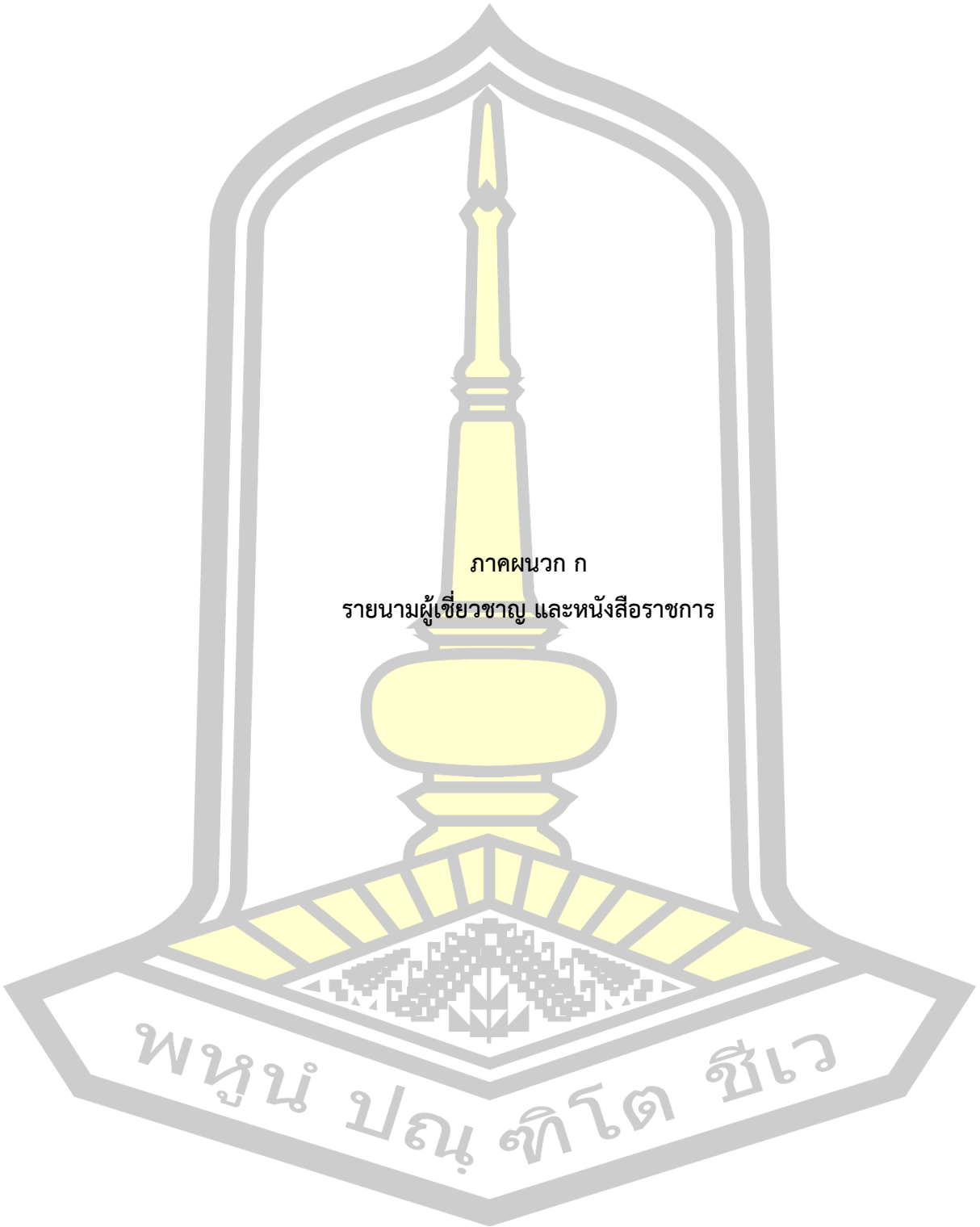
Accompanied with Concept Mapping on Understanding of Solution Concepts. *Instructional Science*, 33(4):311–39.

Vasilyev, V. (2010). Towards interactive 3D graphics in chemistry publication. *Theor Chem Acc,* 125(3), 173-176

Vosniadou, S. (2003). *Exploring the relationships between conceptual change and intentional learning. In Sinatra, G. M., & Pintrich, P. R. (Eds.), Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Westbrook S.L. & Marek E.A. (1992). A Cross-Age Study of Student Understanding of the Concept of Diffusion. *Journal of Research in Science Teaching,* 29(1):51–61.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ และหนังสือราชการ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. นางสุคนธา โคตรโสภา ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
4. นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
5. นายสิทธิชัย วาลมูลตรี ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. นางสุคนธา โคตรโสภา ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
4. นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
5. นายสิทธิชัย วาลมูลตรี ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสังเกตพฤติกรรม

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. นางสุคนธา โคตรโสภา ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
4. นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
5. นายสิทธิชัย วาลมูลตรี ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสัมภาษณ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. นางสุคนธา โคตรโสภา ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
4. นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม
5. นายสิทธิชัย วาลมูลตรี ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวาปีปทุม

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว686 วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว686 วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว686 วันที่19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทัศศิรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว686

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสุคนธา โคตรโสภา

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0953947330

ที่ อว 0605.5(2)/ว686

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวอุดมลักษณ์ วานิชชัง

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0953947330

ที่ อว 0605.5(2)/ว686

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายสิทธิชัย วาลมูลตรี

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0953947330

ที่ อว 0605.5(2)/687

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวาปีปทุม

ด้วย นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

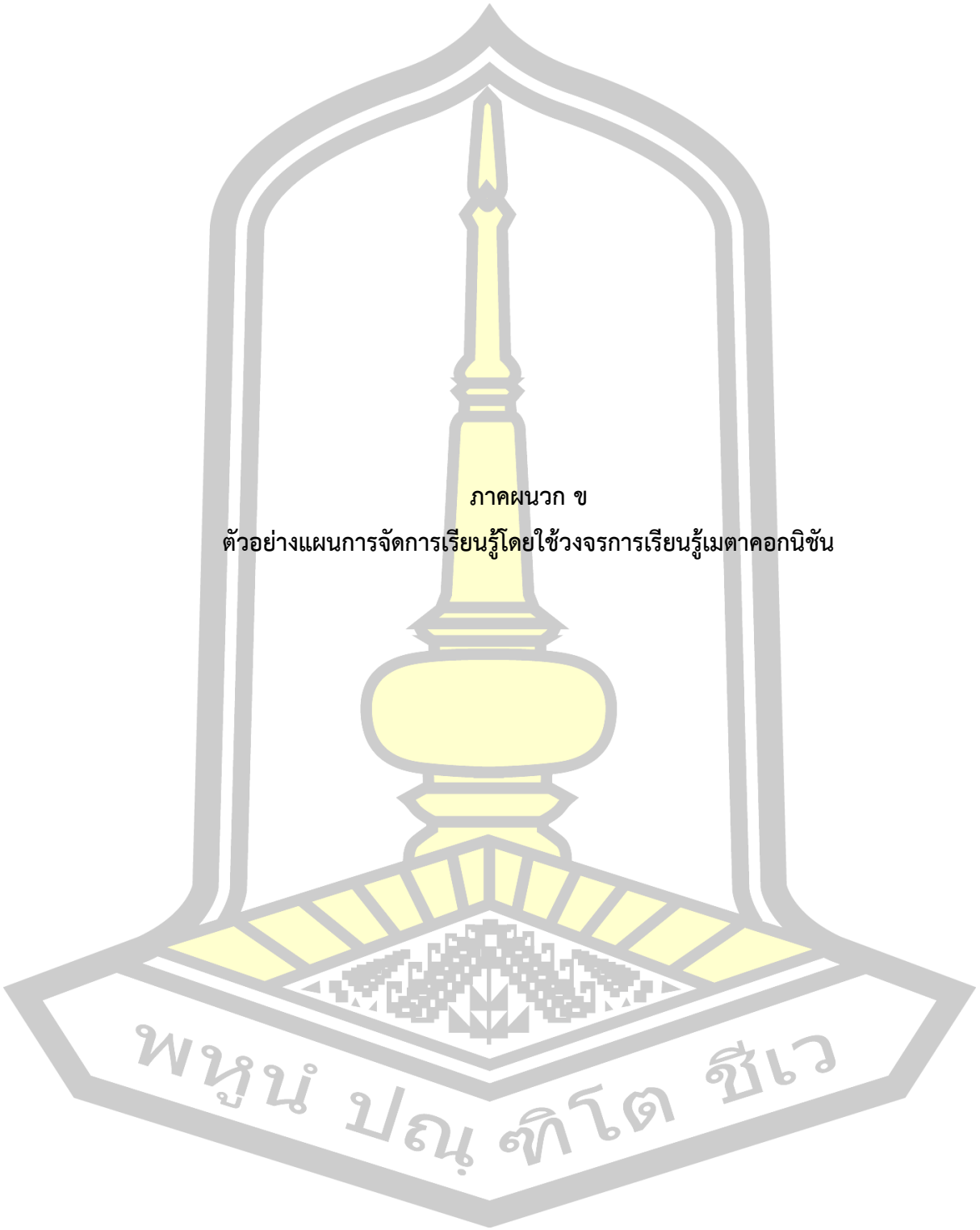
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์ เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0953947330



ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

แผนการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รายวิชาเคมี 4 รหัสวิชา ว30224**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562**

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี

เรื่อง เซลล์กัลวานิก **จำนวน 2 ชั่วโมง**

วันที่ ..... / ..... / ..... **ผู้สอน นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

สาระเคมี

สาระที่ 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัติและปฏิกิริยาของกรด–เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์

2. สาระสำคัญ

เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) หรือเซลล์โวลตาอิก (Voltaic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้าประแสตรงมากขึ้น โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อเข้าด้วยกันและเชื่อมวงจรภายในให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อไว้ระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมได้ (K)
2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้ (P)

3. นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทดลอง (A)

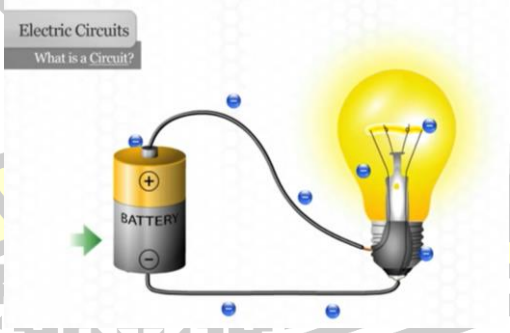
4. สาระการเรียนรู้

- เซลล์กัลวานิก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทหนึ่งที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า
- ขั้วแอโนด คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ปฏิกิริยาการให้อิเล็กตรอน) หรือเรียกว่า ขั้วลบ
- ขั้วแคโทด คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (ปฏิกิริยาที่รับอิเล็กตรอน) หรือเรียกว่า ขั้วบวก
- สะพานเกลือ คือ ตัวเชื่อมให้เซลล์ไฟฟ้าครบวงจร อาจทำจากกระดาษกรองชุบสารละลายอิ่มตัวของเกลือบางชนิด เช่น **KCl, KNO_3, NH_4NO_3** หรือเกลือชนิดอื่นๆที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอิเล็กโทรไลต์ในทั้ง **2** ครึ่งเซลล์ สามารถช่วยรักษาสมดุลของไอออนบวกกับไอออนลบในแต่ละครึ่งเซลล์ได้

5. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นประเมินมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) 5 นาที

1.1 ครูแสดงวีดีทัศน์ การสว่างของหลอดไฟ



พร้อมใช้คำถามว่า จากวีดีทัศน์หลอดไฟสว่างได้อย่างไร และมีอนุภาคใดเคลื่อนที่ในวงจร (แนวทางตอบ: หลอดไฟสว่างเมื่อต่อสายไฟเข้ากับแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่เป็นเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้า)

1.2 ครูแสดงสมการเคมีต่อไปนี้

$$Zn\ (s) + Cu^{2+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + Cu\ (s)$$

พร้อมถามคำถามว่า

1) สมการนี้เป็นสมการรีดอกซ์หรือไม่ เพราะเหตุใด (แนวการตอบ: เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุอันเนื่องมาจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดย Zn มีการให้อิเล็กตรอน ทำให้มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่าตัวรีดิวซ์ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ Cu มีการรับอิเล็กตรอน ทำให้มีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดซ์ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน)
2) นักเรียนคิดว่าการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาดังกล่าว เกี่ยวข้องกับการเกิดกระแสไฟฟ้าหรือไม่ อย่างไร

1.3 ครูแจกกระดาษให้นักเรียนทุกคนเขียนคำตอบตามความเข้าใจของตนเอง 1 นาที แล้วสุ่มอ่าน

1.4 ครูกล่าวว่า “วันนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้ปฏิกิริยารีดอกซ์กับการเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์ไฟฟ้าเคมี”

2. ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนมติ (Concept Exploration) 50 นาที

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลองศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและทิศทางการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์ไฟฟ้าเคมี

2.2 ตัวแทนกลุ่มออกมารับอุปกรณ์ ดังนี้ 1) ไมโครแอมมิเตอร์-โวลต์มิเตอร์ 1 เครื่อง 2) สายไฟพร้อมที่เสียบและคลิปปากจระเข้ 2 เส้น 3) บีกเกอร์ 2 ใบ 5) กระดาษกรองขนาด 1 cm x 8 cm 1 แผ่น

สารเคมี ดังนี้ 1) สารละลายโพแทสเซียมไนเตรทอิ่มตัว 2) สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 1.0 M 3) สารละลายซิงค์ซัลเฟต 1.0 M 4) ทองแดงขนาด 0.5 x 5 cm 5) สังกะสีขนาด 0.5 x 5 cm

2.3 ครูแนะนำการใช้อุปกรณ์ต่างๆ และกำหนดประเด็นที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ทิศทางการเบนของเข็มมิเตอร์ และค่าศักย์ไฟฟ้า และให้นักเรียนช่วยกันระดมสมองและออกแบบการทดลองโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ได้รับ

3. ขั้นนำเสนอมโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status check) 35 นาที

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองตามประเด็นต่อไปนี้

1) ทิศทางของเข็มโวลต์มิเตอร์ (เบนไปทางด้านใด ด้านที่เบนเป็นด้านที่ต่อกับโลหะชนิดใด)

2) ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้

3) การเปลี่ยนแปลงของสารและสารละลายที่สังเกตเห็นเมื่อทิ้งไว้สักครู่เป็นอย่างไร

3.2 ครูสุ่มนักเรียนออกมาเพื่อออกมานำเสนอในประเด็นต่อไปนี้

1) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมีครบวงจรแล้วเข็มของมิเตอร์เบนไปจากขีดศูนย์ แสดงว่าเกิดอะไรขึ้น

(แนวการตอบ: แสดงว่ามีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เนื่องจากปฏิกิริยาในเซลล์มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน และมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น)

2) การเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ บ่งบอกว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร

(แนวการตอบ: เข็มของมิเตอร์เบนเข้าหาขั้วทองแดง แสดงว่าขั้วสังกะสีให้อิเล็กตรอนแก่ $Cu^{2+}(aq)$ ที่อยู่รอบๆ ขั้วทองแดง มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสังกะสีกับ $Cu^{2+}(aq)$)

3) การเปลี่ยนแปลงของสารและสารละลายที่สังเกตเห็น เกิดขึ้นเพราะเหตุใด

(แนวการตอบ: เมื่อสังกะสีให้อิเล็กตรอนเกิดเป็น $Zn^{2+}(aq)$ ผิวของสังกะสีจะกร่อนไป อิเล็กตรอนจากขั้วสังกะสีจึงเคลื่อนผ่านลวดตัวนำไปยังขั้วทองแดง ส่วน $Cu^{2+}(aq)$ ในสารละลาย $CuSO_4$ จะรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นทองแดงเกาะที่ขั้วทองแดง ทำให้สารละลายสีฟ้ามีสีจางลง)

4) แต่ละครึ่งเซลล์มีปฏิกิริยาใดเกิดขึ้น เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาแต่ละครึ่งเซลล์และสมการรวม

(แนวการตอบ: ในครึ่งเซลล์ $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เขียนสมการได้ว่า

$Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$ และในครึ่งเซลล์ $Cu(s)/Cu^{2+}(aq)$ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เขียนสมการได้ว่า

$Cu^{2+}\ (aq) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s)$ เขียนสมการรวมได้ว่า $Zn\ (s) + Cu^{2+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + Cu\ (s)$)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากการทำปฏิกิริยาเคมีในการทดลอง มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ สังเกตจากอะไร และเกิดขึ้นได้อย่างไร

(แนวการตอบ: จากการทดลองมีการเปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เห็นได้จากเข็มของมิเตอร์เบนออกจากเลข 0 แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยในปฏิกิริยาจะมีขั้วหนึ่งทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน (ขั้วลบ) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า ขั้วแอโนด (Anode) และอีกขั้วหนึ่งทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน (ขั้วบวก) เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า ขั้วแคโทด (Cathode) จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วเชื่อมวงจรภายในให้ครบวงจรโดยใช้สะพานไอออนต่อไว้ระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์ เรียกเซลล์ไฟฟ้าเคมีลักษณะนี้ว่า เซลล์กัลป์วานิก หรือเซลล์โวลตาอิก)

2) เมื่อนำสองครึ่งเซลล์มาต่อให้ครบวงจรแล้วมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ไอออนในแต่ละครึ่งเซลล์ปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และสะพานเกลือทำหน้าที่อย่างไร

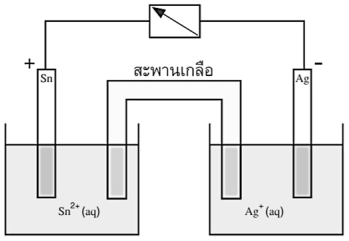
(แนวการตอบ: ในครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันมีไอออนบวกในสารละลายลดลง ไอออนบวกจากสะพานเกลือจึงเคลื่อนลงไปแทนที่ ขณะเดียวกันไอออนลบจากสารละลายจะแพร่ผ่านสะพานไอออนเพื่อรักษาดุลทางไฟฟ้า ส่วนในครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีไอออนบวกในสารละลายเพิ่มขึ้น ไอออนลบจากสะพานเกลือจึงเคลื่อนลงมาในสารละลายและขณะเดียวกันไอออนบวกจากสารละลายก็จะแพร่ผ่านสะพานเกลือเพื่อรักษาดุลทางไฟฟ้า)

3.4 ครูถามคำถามว่า เซลล์กัลวานิกมีองค์ประกอบใดบ้าง และเมื่อต่อครบวงจรจะเกิดอะไรขึ้นและเข็มของมิเตอร์จะเบนไปทิศทางใด เพราะเหตุใด

(แนวการตอบ: ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วจุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ได้แก่ ขั้วแอโนด ซึ่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ให้อิเล็กตรอน) และขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับอิเล็กตรอน) เชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ เมื่อต่อครบวงจรจะเกิดกระแสไฟฟ้าอันเนื่องจากการการเคลื่อนที่อิเล็กตรอนจากขั้วแอโนดไปขั้วแคโทด ดังนั้นเข็มของมิเตอร์จึงเบนไปทางด้านขั้วแคโทด)

4. ขั้นประยุกต์มโนมติ/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status check) 10 นาที

4.1 ครูใช้คำถามต่อไปนี้ในใบงานที่ 1 จากภาพเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้



และให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1) จงอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในครึ่งเซลล์ทั้ง 2 ด้าน
(แนวการตอบ: เมื่อต่อครึ่งเซลล์ Sn กับครึ่งเซลล์ Ag เข้าด้วยกัน พบว่า เข็มของโวลต์วิเตอร์เบนเข้าหาครึ่งเซลล์ Sn แสดงว่า Sn มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนมากกว่า Ag จึงทำให้ด้าน Sn จะหนาขึ้น ส่วนด้าน Ag จะบางลง)
2) ครึ่งเซลล์ใดเป็นขั้วแอโนด และครึ่งเซลล์ใดเป็นขั้วแคโทด พร้อมเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
(แนวการตอบ: ครึ่งเซลล์ Sn (s)/Sn^{2+} เป็นขั้วแคโทด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Sn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Sn\ (s)$
ส่วนครึ่งเซลล์ Ag (s)/Ag^{+} (aq) เป็นขั้วแอโนด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ว่า $Ag\ (s) \rightarrow Ag^{+}\ (aq) + e^{-}$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือ	วิธีการ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) - นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมได้	- ใบงานที่ 1	- การตรวจใบงาน	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ระบุองค์ประกอบและเขียนสมการปฏิกิริยาได้ถูกต้อง
ด้านทักษะกระบวนการ (P) - นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้	- แบบประเมินด้านทักษะการทดลอง	- สังเกตพฤติกรรม	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) - นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทดลอง	- แบบประเมินการพฤติกรรม	- การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- วีดีทัศน์การสว่างของหลอดไฟ
- ชุดกิจกรรมการทดลองศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลป์วานิก
- ใบกิจกรรมที่ 1
- ใบงานที่ 1
- อินเตอร์เน็ต

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

8. เอกสารอ้างอิง

- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

แบบประเมินด้านทักษะการทดลอง

กลุ่ม.....ชั้น.....วันที่.....

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตรงพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา ตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

รายการที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	การปฏิบัติการทดลอง				
2	การบันทึกผลการทดลอง				
3	การทำความสะอาด และเก็บวัสดุอุปกรณ์				

เกณฑ์การประเมินผล

70 % ขึ้นไป ผ่าน

ต่ำกว่า 70 % ไม่ผ่าน

ผู้ผ่านเกณฑ์ประเมินต้องได้คะแนนตั้งแต่ 6.3 คะแนนขึ้นไป

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การวัดและการประเมินผลด้านทักษะกระบวนการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
- การปฏิบัติการทดลอง	มีการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	มีการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ถูกต้องโดยต้องให้คำแนะนำ	ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	ไม่ดำเนินการทดลอง
- การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองถูกต้องสอดคล้องกับผลการสังเกต และครบถ้วนสมบูรณ์ชัดเจน	บันทึกผลการทดลองยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์บางส่วน ไม่สอดคล้องกับผลการสังเกต ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองยังไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกับผลการสังเกต	ไม่มีการบันทึกและสรุปผลการทดลอง
- การทำความสะอาด และเก็บวัสดุอุปกรณ์	เก็บวัสดุอุปกรณ์ไปทำความสะอาดและเก็บเรียบร้อยอย่างถูกวิธี	เก็บวัสดุอุปกรณ์ไปทำความสะอาดและเก็บยังไม่ถูกวิธี	เก็บวัสดุอุปกรณ์ไปทำความสะอาด แต่ไม่เก็บให้เรียบร้อย	ไม่เก็บวัสดุอุปกร์ไปทำความสะอาด

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

แบบประเมินพฤติกรรมนักเรียน เพื่อประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตรงพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา ตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

รายการที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	การร่วมกิจกรรม				
2	ความมุ่งมั่นในการทำงาน				
3	ความมีวินัย				

เกณฑ์การประเมินผล

70 % ขึ้นไป ผ่าน

ต่ำกว่า 70 % ไม่ผ่าน

ผู้ผ่านเกณฑ์ประเมินต้องได้คะแนนตั้งแต่ 6.3 คะแนนขึ้นไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การประเมินผลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
การร่วมกิจกรรม	ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี และมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้สม่ำเสมอโดยครูไม่ต้องควบคุม	ให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้สม่ำเสมอโดยครูต้องคอยควบคุม	ให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมเป็นบางช่วงเวลาเท่านั้น	ไม่เข้าเรียน
ความมุ่งมั่นในการทำงาน	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จภายในคาบเรียน	ไม่ตั้งใจรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จภายในคาบเรียน	ไม่ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่การงานและไม่ส่งงาน
ความมีวินัย	เข้าเรียนตรงเวลา และปฏิบัติตนตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของชั้นเรียน	เข้าเรียนสายไม่เกิน 15 นาที และปฏิบัติตนตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของ ชั้นเรียน	เข้าเรียนสายมากกว่า 15 นาที ปฏิบัติตนตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของชั้นเรียน โดยต้องมีครูคอยควบคุมเสมอ	ไม่เข้าเรียนหรือไม่ปฏิบัติตนตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของชั้นเรียน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

แนวทางการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้สอน

(นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

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

ข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายสิทธิชัย วาลมูลตรี)

ครูพี่เลี้ยง

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

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ความเห็นและข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

.....

ลงชื่อ .....

(ว่าที่ร้อยเอก ศุภกฤต เรืองสมบัติ)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

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

ความเห็นและข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายวัชรินทร์ ติดวงษา)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

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

ความเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายมณูญ เพชรมีแก้ว)

ผู้อำนวยการ

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

พหุน ปณ ฑิต ชีว

ใบกิจกรรม 1

การทดลอง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

ชื่อกลุ่ม.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก
2. บอกทิศทางการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลป์วานิกได้
3. บอกได้ว่าครึ่งเซลล์ใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันได้
4. บอกหน้าที่ของสะพานเกลือได้

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. ไมโครแอมมิเตอร์-โวลต์มิเตอร์	จำนวน 1 เครื่อง
2. สายไฟพร้อมที่เสียบและคลิปปากจระเข้	จำนวน 2 เส้น
3. บีกเกอร์	จำนวน 2 ใบ
4. กระดาษกรองขนาด 1 cm x 8 cm	จำนวน 1 แผ่น
5. สารละลายโพแทสเซียมไนเตรทอิ่มตัว	ปริมาตร 10 ml
6. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 1.0 M	ปริมาตร 20 ml
7. สารละลายซิงค์ซัลเฟต 1.0 M	ปริมาตร 20 ml
8. ทองแดงขนาด 0.5 x 5 cm	จำนวน 1 ชิ้น
9. สังกะสีขนาด 0.5 x 5 cm	จำนวน 1 ชิ้น

วิธีการทดลอง

.....

.....

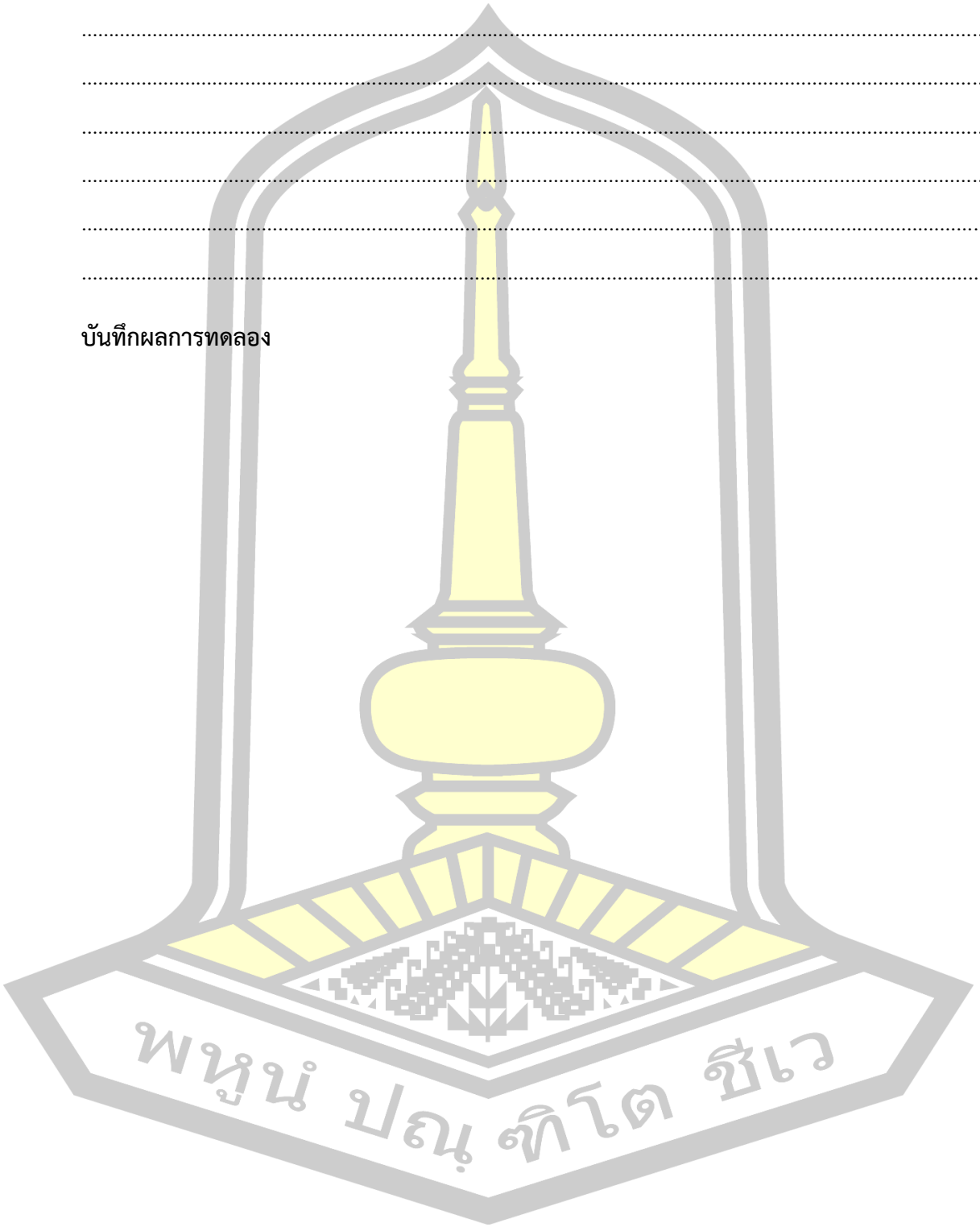
.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง



คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมีครบวงจรแล้วเข็มของมิเตอร์เบนไปจากขีดศูนย์ แสดงว่าเกิดอะไรขึ้น

.....

.....

.....

2. การเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ บ่งบอกว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

.....

3. การเปลี่ยนแปลงของสารและสารละลายที่สังเกตเห็น เกิดขึ้นเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

4. แต่ละครึ่งเซลล์มีปฏิกิริยาใดเกิดขึ้น เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาแต่ละครึ่งเซลล์ และสมการรวม

.....

.....

.....

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

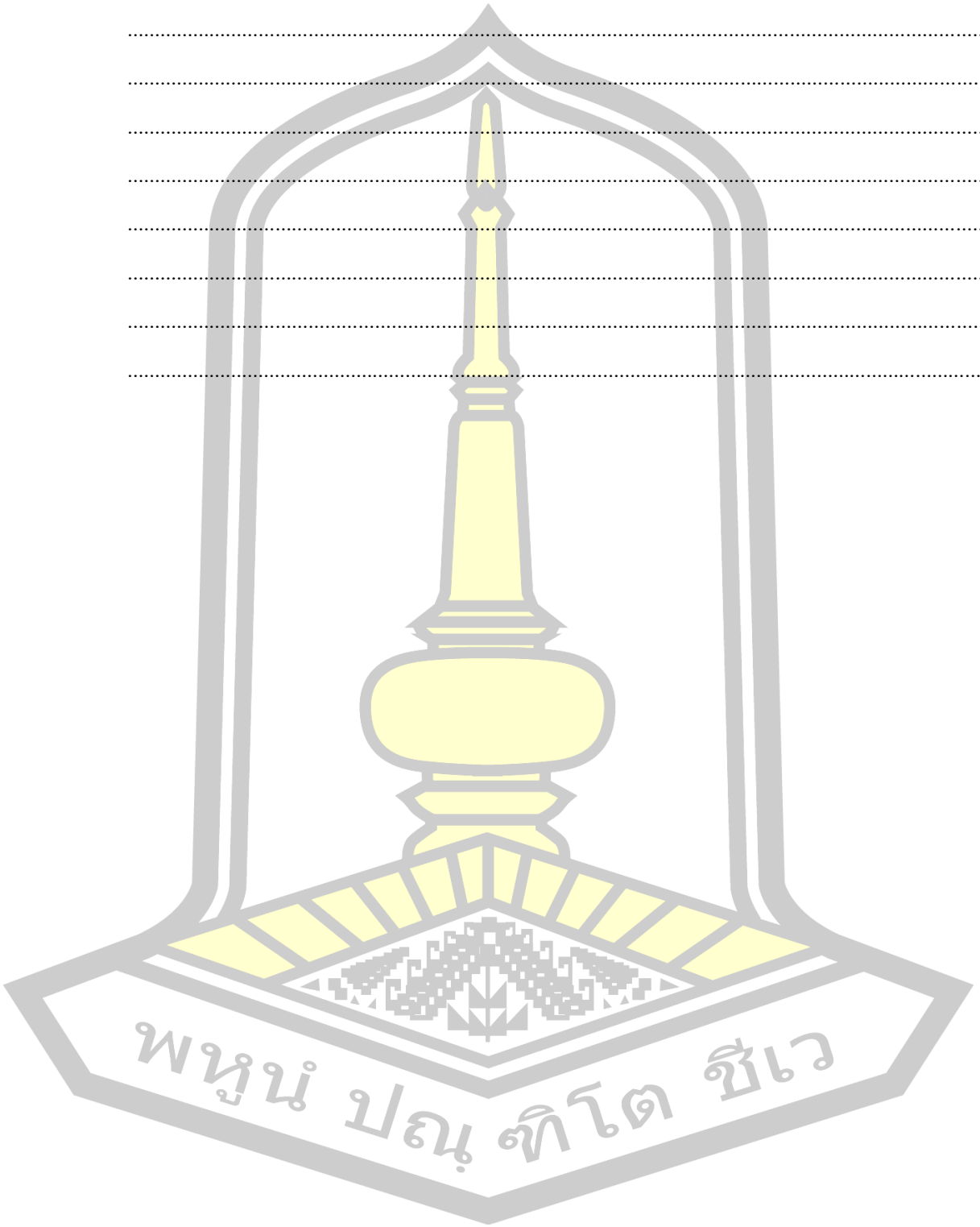
.....

.....

.....

.....

.....



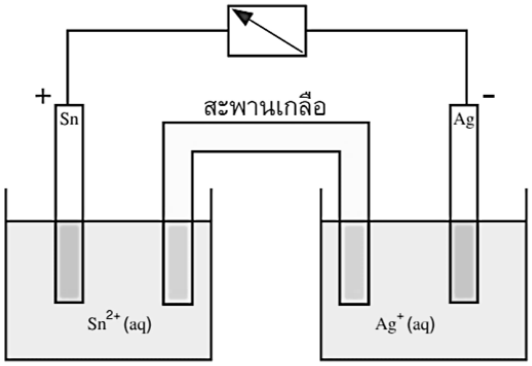
ใบงานที่ 1

เรื่อง เซลล์กัลวานิก

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จากภาพเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้



ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในครึ่งเซลล์ทั้ง 2 ด้าน

.....

.....

.....

.....

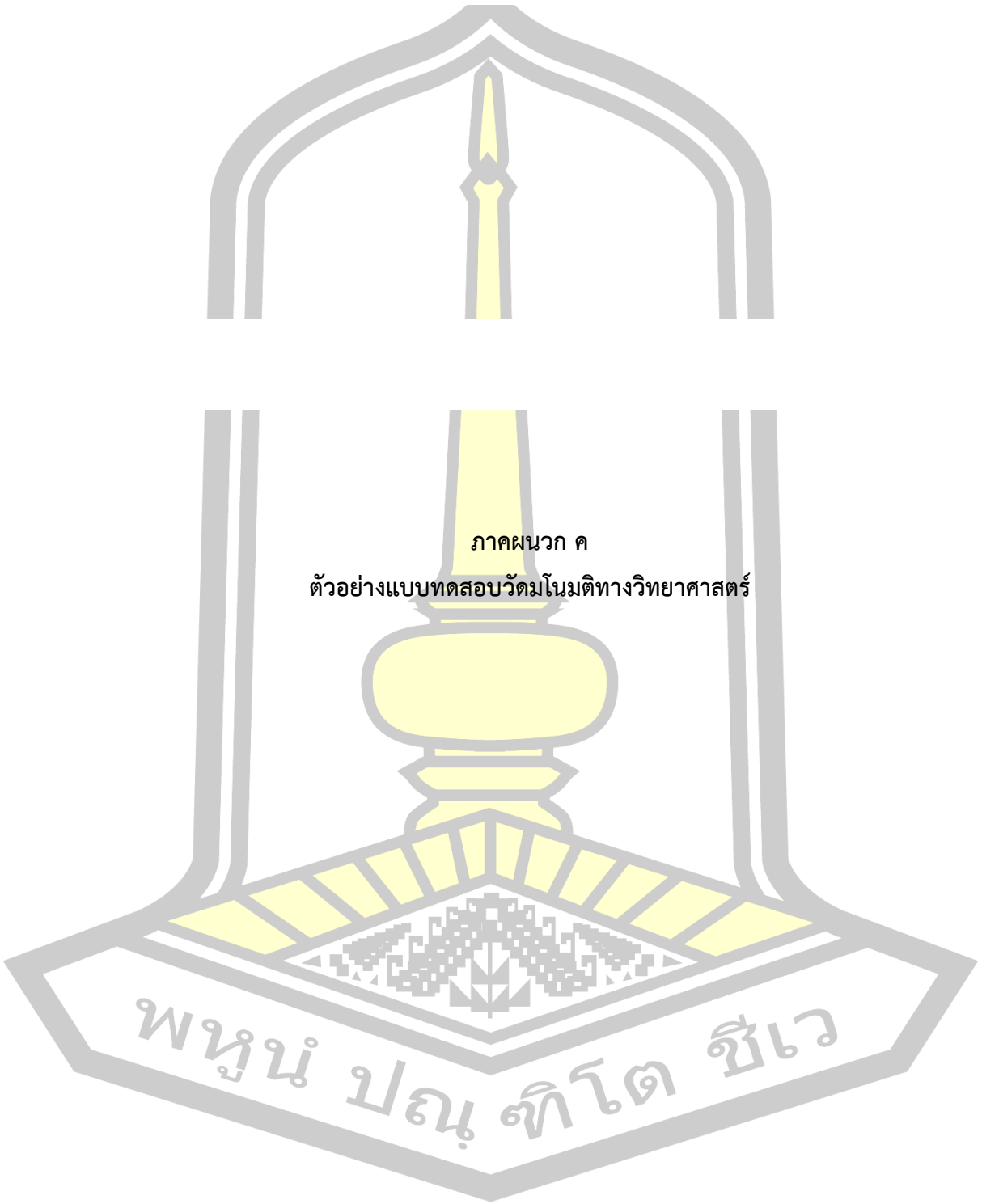
2. ครึ่งเซลล์ใดเป็นขั้วแอโนด และครึ่งเซลล์ใดเป็นขั้วแคโทด พร้อมเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ข้อ เวลา 30 นาที

ชื่อ – สกุล .....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้เป็นข้อสอบแบบปรนัยมีตัวเลือกพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบการตอบ
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง
3. เมื่อเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องที่สุด แล้วให้นักเรียนบอกเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของข้อดังกล่าว

เกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบถูกต้องและให้เหตุผลได้อย่างสมบูรณ์	ได้ 3 คะแนน
คำตอบถูกต้องแต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์	ได้ 2 คะแนน
คำตอบมีบางส่วนถูกหรือผิดบางส่วน	ได้ 1 คะแนน
คำตอบผิด	ได้ 0 คะแนน
ไม่ทำแบบทดสอบ	ได้ 0 คะแนน

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

<u>วงจรปฏิบัติการที่ 1</u>

1. เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์ ครึ่งเซลล์หนึ่งมี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า จุ่มในสารละลาย Sn^{4+} อีกครึ่งเซลล์หนึ่งมี Fe เป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มในสารละลาย Fe^{2+} เชื่อมต่อครึ่งเซลล์ด้วยสะพานไอออน และต่อมิเตอร์พบว่า เข็มเบนจากครึ่งเซลล์ Fe ไปสู่ครึ่งเซลล์ของ Pt ขั้วไฟฟ้าใดเป็นแอโนด และแคโทดตามลำดับ

   ก. Pt, Fe

   ข. Fe, Pt

   ค. Pt, Sn

   ง. Sn, Fe

   ตอบข้อ.....เพราะ

   .....

   .....

   .....

2. เซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งจุ่มขั้วโลหะทองแดง (Cu) ลงในสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต และขั้วโลหะสังกะสี (Zn) ลงในสารละลายซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) และเชื่อมต่อทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันโดยสะพานไอออน เมื่อต่อวงจรเข้ากับโวลต์มิเตอร์พบว่าเข็มเบนไปทางด้านขั้วโลหะทองแดง ข้อใดเขียนแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้<u>ถูกต้อง</u>

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

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

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

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

   ตอบข้อ.....เพราะ

   .....

   .....

   .....

3. จากแผนภาพเซลล์กัลป์วานิกต่อไปนี้

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

   ข้อใด<u>ไม่ถูกต้อง</u>

   ก. Pt เป็นขั้วไฟฟ้าในครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน

   ข. Sn^{2+} เกิดปฏิกิริยามีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนให้กับ Fe^{3+}

   ค. สมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด คือ $Fe^{2+}\ (aq) \longrightarrow Fe^{3+}\ (aq) + e^-$

   ง. สมการแสดงปฏิกิริยาขั้วแคโทด คือ $Fe^{3+}\ (aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}\ (aq)$

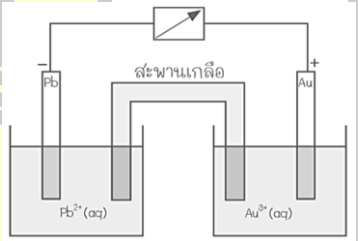
   ตอบข้อ.....เพราะ

   .....

   .....

   .....

4. จากระบบของเซลล์กัลป์วานิก (ดังภาพ) ควรเขียนแผนภาพเซลล์ตามข้อใด



   ก. $Pb\ (s) / Pb^{2+}\ (aq)\ //\ Au^{3+}\ (aq) / Au\ (s)$

   ข. $Pb\ (s) / Pb^{2+}\ (aq)\ //\ Au\ (s) / Au^{3+}\ (aq)$

   ค. $Au\ (s) / Au^{3+}\ (aq)\ //\ Pb^{2+}\ (aq) / Pb\ (s)$

   ง. $Au\ (s) / Au^{3+}\ (aq)\ //\ Pb\ (s) / Pb^{2+}\ (aq)$

   ตอบข้อ.....เพราะ

   .....

   .....

   .....

5. เมื่อต้องการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Ag (s) / Ag^+ (aq, 1 M) ที่สภาวะมาตรฐาน โดยนำไปต่อเข้ากับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน เมื่อต่อครบวงจร พบว่าอ่านค่าศักย์ไฟฟ้าได้ + 0.80 V ข้อใดกล่าว<u>ถูกต้องที่สุด</u>

   ก. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Ag (s) / Ag^+ (aq, 1 M) มีค่าเท่ากับ + 0.80 V

   ข. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจน มีค่าเท่ากับ + 0.80 V

   ค. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Ag (s) / Ag^+ (aq, 1 M) มีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ซึ่งเท่ากับ + 0.80 V

   ง. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าเท่ากับค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ Ag (s) / Ag^+ (aq, 1 M) ซึ่งมีค่าเท่ากับ + 0.80 V

   ตอบข้อ.....เพราะ

   .....

   .....

   .....

6. กำหนดให้

   Sn^{2+} (aq) + $2e^-$ ⟶ Sn (s) E^o = + 0.15 V

   Fe^{2+} (aq) + $2e^-$ ⟶ Fe (s) E^o = - 0.44 V

   เมื่อต่อครึ่งเซลล์ Fe/Fe^{2+} กับ Sn/Sn^{2+} เข้าด้วยกัน จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาเท่าใด

   ก. - 0.29 V

   ข. - 0.59 V

   ค. + 0.29 V

   ง. + 0.59 V

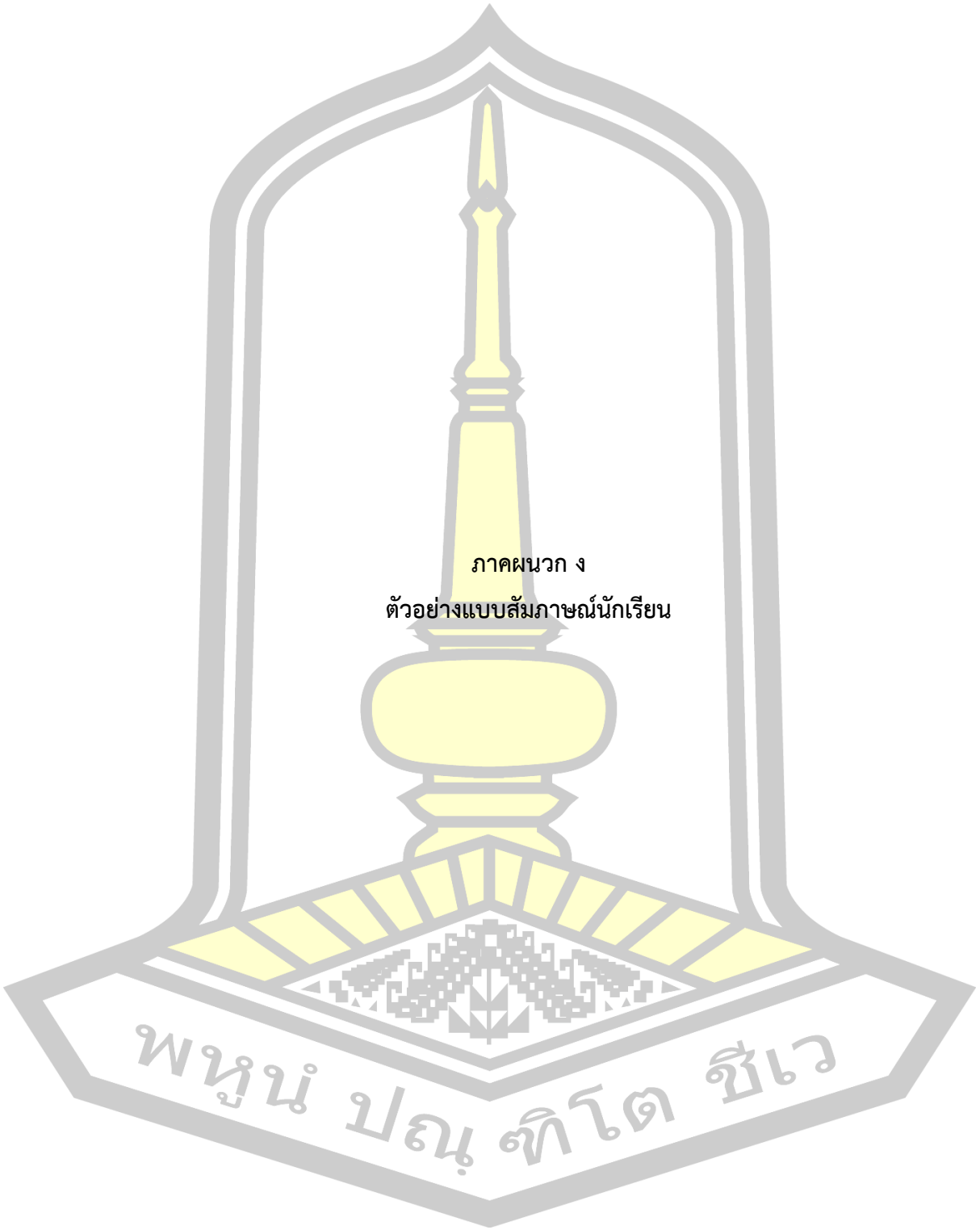
   ตอบข้อ.....เพราะ

   .....

   .....

   .....

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียน

การจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โรงเรียนวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริงขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำไปประกอบการพิจารณา ปรับปรุงแก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในครั้งต่อไป โดยไม่มีผลต่อคะแนนนักเรียน

ด้านการจัดกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้

1. นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาในการเรียนการสอนในชั่วโมงนี้มากน้อยเพียงใด เพราะเหตุใด

.....

2. ในการเรียนชั่วโมงนี้นักเรียนชอบหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

3. สื่อการเรียนการสอนที่ชอบคืออะไร เพราะเหตุใด

.....

4. สื่อการเรียนการสอนที่ต้องการให้ปรับปรุงคืออะไร เพราะเหตุใด

.....

ด้านครูผู้สอน

1. ขณะปฏิบัติการสอนครูอธิบายขั้นตอนในการทำกิจกรรมชัดเจนหรือไม่ อย่างไร

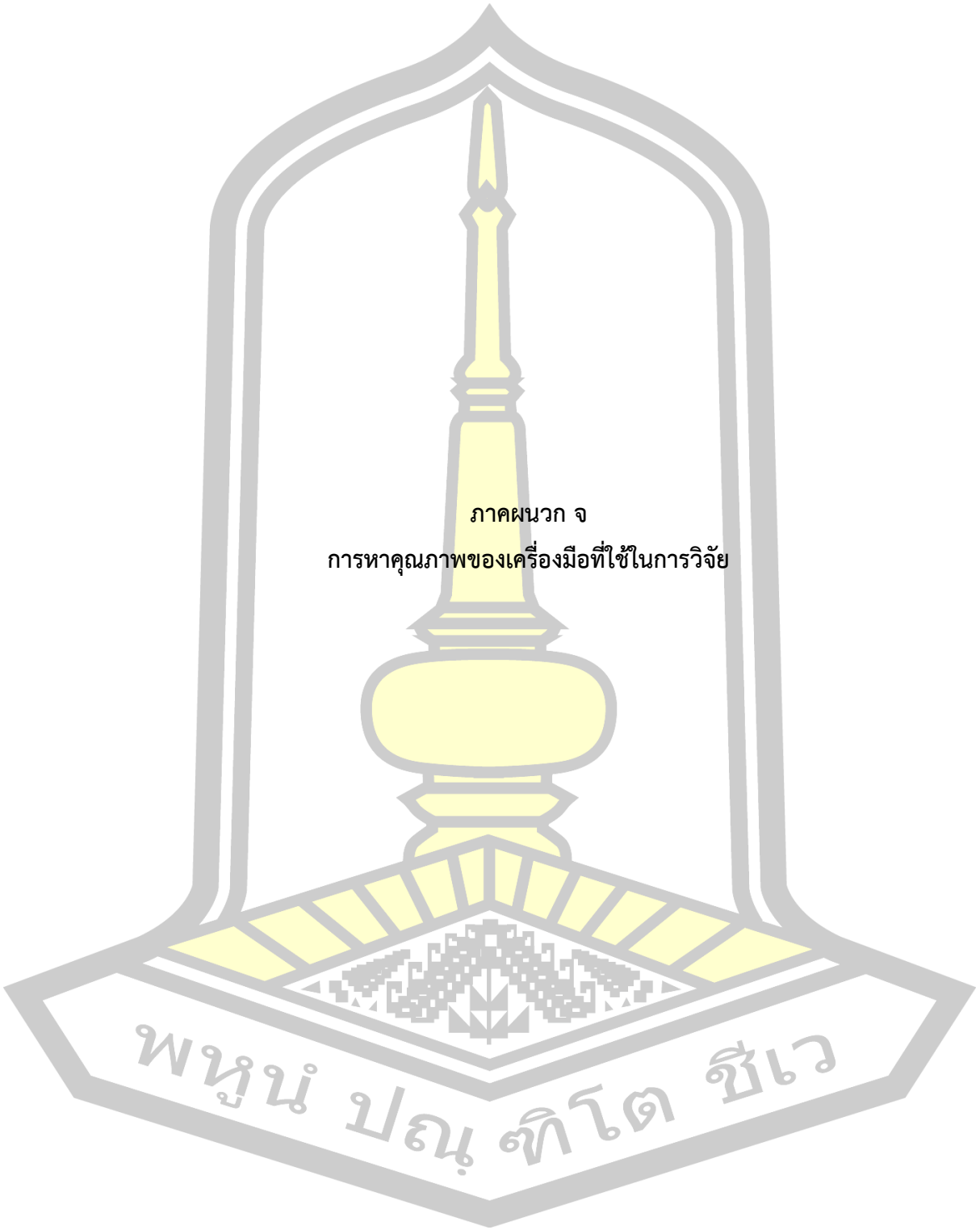
.....

2. ครูให้ความสนใจแก่นักเรียนอย่างทั่วถึงขณะสอนหรือไม่ อย่างไร

.....

3. สิ่งที่นักเรียนต้องการให้ครูปรับปรุงคืออะไร อย่างไร

.....



ภาคผนวก จ

การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง :ให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบในแผนการสอน และให้คะแนนตามระดับการประเมินดังนี้

ระดับการประเมิน : 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม **มากที่สุด**

4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม **มาก**

3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม **ปานกลาง**

2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม **น้อย**

1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม **น้อยที่สุด**

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. สาระสำคัญ 1.1 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด						
1.2 สาระสำคัญมีความกะทัดรัด ได้ความชัดเจนสมบูรณ์						
1.3 สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตร						
1.4 สาระสำคัญเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน						
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ 2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน						
2.2 สามารถประเมินผลได้						
2.3 จุดประสงค์เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน						
3. สาระการเรียนรู้ 3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
3.2 บอกขอบข่ายของเนื้อหาที่จะให้นักเรียนที่เรียนรู้						
3.3 สาระการเรียนรู้มีความถูกต้อง						
4. การวัดและการประเมินผล 4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้						

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้						
4.3 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม						
5. กิจกรรมการเรียนรู้ 5.1 เร้าความสนใจของผู้เรียน						
5.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม						
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
5.4 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้						
5.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนดไว้						
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมโนมติทางวิทยาศาตร์						
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเอง						
5.8 สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตร						
6. สื่อการเรียนการสอน 6.1 สื่อการเรียนการสอนสอดคล้องกับการเรียนรู้						
6.2 สื่อการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้ประเมิน

ตาราง 24 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	4	5	4	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.1	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.3	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.1	5	4	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.2	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	4	4	4	5	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.6	5	4	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.7	4	4	5	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.8	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
6.1	4	4	4	5	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	101	106	111	112	113	543		
เฉลี่ย	4.39	4.61	4.83	4.87	4.91	23.61		
	4.72							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

ตาราง 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แผนภาพเซลล์กัลวานิก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.3	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.1	4	4	5	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	5	4	4	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.6	4	4	4	4	5	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.7	5	4	4	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.8	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
6.1	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	4	5	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
รวม	99	107	109	109	110	534		
เฉลี่ย	4.30	4.65	4.74	4.74	4.78	23.22		
	4.64							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

ตาราง 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	4	5	5	5	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.3	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.1	4	4	5	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	4	4	3	5	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.6	4	4	4	5	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.7	4	4	4	5	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.8	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
6.1	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	5	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
รวม	92	107	109	110	108	526		
เฉลี่ย	4.00	4.65	4.74	4.78	4.70	22.87		
	4.57							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

ตาราง 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	4	5	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
4.1	4	5	4	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	4	4	4	5	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
4.3	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.1	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.2	4	5	4	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.6	4	4	4	5	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.7	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.8	4	5	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
6.1	4	4	4	5	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	4	5	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
รวม	92	107	105	107	113	524		
เฉลี่ย	4.00	4.65	4.57	4.65	4.91	22.78		
	4.56							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

ตาราง 28 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณหาค่า E° ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	4	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
1.2	4	5	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
1.3	4	5	5	4	4	22	4.40	เหมาะสมมาก
1.4	4	5	5	5	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	5	5	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	4	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
3.2	4	5	4	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
3.3	4	5	4	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
4.1	4	5	4	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
4.2	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
4.3	4	4	4	3	4	19	3.80	เหมาะสมมาก
5.1	4	4	4	4	5	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	5	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.5	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.6	4	4	5	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.7	4	4	5	4	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
5.8	4	5	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
6.1	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
รวม	92	107	101	93	101	494		
เฉลี่ย	4.00	4.65	4.39	4.04	4.39	21.48		
	4.30							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

ตาราง 29 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
4.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	3	4	5	5	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
4.3	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.1	5	4	5	5	4	23	4.60	เหมาะสมมาก
5.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.6	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.7	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.8	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
6.1	4	4	4	5	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	93	107	112	108	111	531	106.20	
เฉลี่ย	4.04	4.65	4.87	4.70	4.83	4.62		
	4.62							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

ตาราง 30 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	4	5	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
4.1	3	5	5	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
4.2	3	4	5	4	5	21	4.20	เหมาะสมมาก
4.3	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.1	4	4	5	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
5.2	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	5	5	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	4	4	4	4	4	20	4.00	เหมาะสมมาก
5.6	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.7	4	4	5	5	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
5.8	4	5	5	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
6.1	4	4	4	5	4	21	4.20	เหมาะสมมาก
6.2	4	4	5	5	4	22	4.40	เหมาะสมมาก
รวม	90	107	111	104	111	523		
เฉลี่ย	3.91	4.65	4.83	4.52	4.83	22.74		
	4.55							
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี							

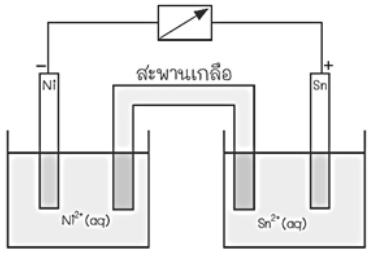
แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบและจุดประสงค์การเรียนรู้
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ
แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์นี้ ได้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดระดับมโนมติของนักเรียน เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เมื่อท่านได้ตรวจสอบแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ครบถ้วนแล้ว โปรดกรุณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อ โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่อง +1, 0 หรือ -1 ที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

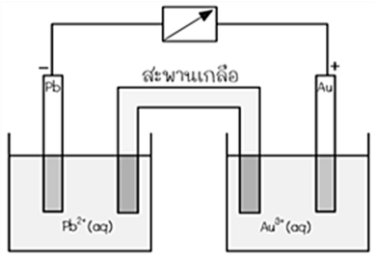
   +1 หมายถึง มั่นใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
   0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
   -1 หมายถึง มั่นใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงจุดประสงค์

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกได้	1. ข้อความใดเกี่ยวกับเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้<u>ไม่ถูกต้อง</u> ก. มีขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ข. มีขั้วแคโทดเป็นขั้วบวกและแอโนดเป็นขั้วลบ ค. มีสะพานเกลือเชื่อมต่อระหว่าง 2 ครึ่งปฏิกิริยา เพื่อทำหน้าที่รักษาสมดุลไอออนในเซลล์ไฟฟ้าเคมี ง. ประกอบด้วย 2 ขั้วไฟฟ้า ซึ่งมีอิเล็กตรอนไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกได้	2. เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์ ครึ่งเซลล์หนึ่งมี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า จุ่มในสารละลาย Sn^{4+} อีกครึ่งเซลล์หนึ่งมี Fe เป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มในสารละลาย Fe^{2+} เชื่อมต่อครึ่งเซลล์ด้วยสะพานไอออน และต่อมิเตอร์พบว่า เข็มเบนจากครึ่งเซลล์ Fe ไปสู่ครึ่งเซลล์ของ Pt ขั้วไฟฟ้าใดเป็นแอโนด และแคโทดตามลำดับ 1. Pt, Fe 2. Fe, Pt 3. Pt, Sn 4. Sn, Fe				
นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ในเซลล์กัลวานิกได้	3. จากระบบของเซลล์กัลป์วานิก (ดังภาพ)  ข้อใดเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้<u>ถูกต้อง</u> 1. Ni (s) + Sn (s) → Ni^{2+} (aq) + Sn^{2+} (aq) 2. Ni^{2+} (aq) + Sn^{2+} (aq) → Ni (s) + Sn (s) 3. Ni (s) + Sn^{2+} (aq) → Ni^{2+} (aq) + Sn (s) 4. Sn (s) + Ni^{2+} (aq) → Sn^{2+} (aq) + Ni (s)				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ในเซลล์กัลวานิกได้	4. เซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งจุ่มขั้วโลหะทองแดง (Cu) ลงในสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต และขั้วโลหะสังกะสี (Zn) ลงในสารละลายซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) และเชื่อมต่อทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันโดยสะพานไอออน เมื่อต่อวงจรเข้ากับโวลต์มิเตอร์ พบว่าเข็มเบนไปทางด้านขั้วโลหะทองแดง ข้อใดเขียนแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้<u>ถูกต้อง</u> 1. $Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Zn(s) + Cu^{2+}(aq)$ 2. $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$ 3. $Cu(s) + Zn(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn^{2+}(aq)$ 4. $Cu^{2+}(aq) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Zn(s)$				
นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	5. จากแผนภาพเซลล์กัลป์วานิกต่อไปนี้ $Al(s) / Al^{3+}(aq) // Fe^{2+}(aq) / Fe(s)$ ข้อใดกล่าวได้<u>ถูกต้อง</u> 1. Al^{3+} เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น Al เกาะที่ขั้วไฟฟ้า 2. Fe^{2+} เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น Fe เกาะที่ขั้วไฟฟ้า 3. ขั้วแอโนด มีขั้วไฟฟ้าและอิเล็กโทรไลต์ คือ Fe และ Fe^{2+} ตามลำดับ 4. โลหะ Fe สูญเสียอิเล็กตรอนให้กับ Al^{3+} ในสารอิเล็กโทรไลต์				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	6. จากแผนภาพเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้ $Pt(s)/Sn^{2+}(aq), Sn^{4+}(aq)$ // $Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq)/Pt(s)$ ข้อใด<u>ไม่ถูกต้อง</u> 1. Pt เป็นขั้วไฟฟ้าในครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน 2. Sn^{2+} เกิดปฏิกิริยามีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนให้กับ Fe^{3+} 3. สมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด คือ $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$ 4. สมการแสดงปฏิกิริยาขั้วแคโทด คือ $Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$				

นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	7. จากระบบของเซลล์กัลป์วานิก (ดังภาพ) ควรเขียนแผนภาพเซลล์ตามข้อใด
	 
	
	1. Pb (s) / Pb^{2+} (aq) // Au^{3+} (aq) / Au (s)
	2. Pb (s) / Pb^{2+} (aq) // Au (s) / Au^{3+} (aq)
	3. Au (s) / Au^{3+} (aq) // Pb^{2+} (aq) / Pb (s)
	4. Au (s) / Au^{3+} (aq) // Pb (s) / Pb^{2+} (aq)				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	

นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	8. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้
	$2Co^{3+}(aq) + Mn(s) \rightarrow 2Co^{2+}(aq) + Mn^{2+}(aq)$
	ข้อใดเขียนแผนภาพเซลล์กัลป์วานิกได้<u>ถูกต้อง</u>
	1. $Mn^{2+}(aq) / Mn(s) // Co^{2+}(aq), Co^{3+}(aq) / Pt(s)$
	2. $Mn(s) / Mn^{2+}(aq) // Co^{2+}(aq) , Co^{3+}(aq) / Pt(s)$
	3. $Pt(s) / Co^{3+}(aq) , Co^{2+}(aq) // Mn^{2+}(aq) / Mn(s)$
	4. $Pt(s) / Co^{3+}(aq), Co^{2+}(aq) // Mn(s) / Mn^{2+}(aq)$				

นักเรียนสามารถอธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	9. เมื่อต้องการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ $Ag(s) / Ag^{+}(aq, 1\ M)$ โดยนำไปต่อเข้ากับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน เมื่อต่อครบวงจรพบว่าอ่านค่าศักย์ไฟฟ้าได้ + 0.80 V ข้อใด<u>ถูกต้อง</u> 1. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ $Ag(s) / Ag^{+}(aq, 1\ M)$ มีค่าเท่ากับ + 0.80 V 2. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจน มีค่าเท่ากับ + 0.80 V 3. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ $Ag(s) / Ag^{+}(aq, 1\ M)$ มีค่ากับศักย์ฟ้าของครึ่งเซลล์ไฮโดรเจน ซึ่งเท่ากับ + 0.80 V 4. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ $Ag(s) / Ag^{+}(aq, 1\ M)$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ + 0.80 V				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถอธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	10. เซลล์ไฟฟ้าเคมี มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ Fe^{2+} (aq) + Pb (s) $\rightarrow$ Fe (s) + Pb^{2+} (aq) หาค่าศักย์ไฟฟ้าได้เท่ากับ – 0.29 V ข้อใดถูกต้อง 1. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Fe (s) / Fe^{2+} (aq) มีค่าเท่ากับ – 0.29 V 2. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ Pb (s) / Pb^{2+} (aq) มีค่าเท่ากับ – 0.29 V 3. ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่ากับ – 0.29 V 4. ศักย์ไฟฟ้าของทั้งสองครึ่งปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน คือ – 0.29 V				
นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	11. เมื่อนำครึ่งเซลล์ของ Pb/Pb^{2+} มาต่อกับครึ่งเซลล์ของ Fe/Fe^{2+} ข้อใดถูกต้อง กำหนดให้ E ของครึ่งเซลล์ Pb/Pb^{2+} = - 0.12 E ของครึ่งเซลล์ Fe/Fe^{2+} = - 0.41 1. ขั้ว Pb/Pb^{2+} เป็นขั้วแคโทด และ E^{o} เซลล์ = - 0.35 V 2. ขั้ว Pb/Pb^{2+} เป็นขั้วแคโทด และ E^{o} เซลล์ = + 0.29 V 3. ขั้ว Fe/Fe^{2+} เป็นขั้วแคโทด และ E^{o} เซลล์ = - 0.35 V 4. ขั้ว Fe/Fe^{2+} เป็นขั้วแคโทด และ E^{o} เซลล์ = + 0.29 V				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	12.กำหนดให้ Sn^{2+} (aq) + $2e^-$ → Sn (s) E^0 = + 0.15 V Fe^{2+} (aq) + $2e^-$ → Fe (s) E^0 = - 0.44 V เมื่อต่อครึ่งเซลล์ Fe/Fe^{2+} กับ Sn/Sn^{2+} เข้าด้วยกัน จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาเท่าใด 1. - 0.29 V 2. - 0.59 V 3. + 0.29 V 4. + 0.59 V				
นักเรียนสามารถอธิบายหลักการและส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลติกได้	13. ข้อใดต่อไปนี้ กล่าว<u>ไม่ถูกต้อง</u>เกี่ยวกับเซลล์อิเล็กโทรไลต์ 1. เป็นเซลล์ฟ้าเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเคมี 2. ปฏิกิริยาในเซลล์เกิดขึ้นเองไม่ได้ จึงต้องให้พลังงานโดยการต่อขั้วไฟฟ้าเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือแบตเตอรี่ 3. อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่จะเคลื่อนที่ไปขั้วแคโทด 4. สารหรือไอออนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ขั้วแอโนดจะไปรับอิเล็กตรอน				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถอธิบายหลักการและส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลติกได้	14. กระบวนการไฮโดรไลซิสน้ำ โดยการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงไปในน้ำกลั่นที่หยดกรดซัลฟิวริกลงไป 2-3 หยด เกิดปฏิกิริยาดังสมการต่อไปนี้ $H_2O\ (l) \rightarrow H_2\ (g) + \frac{1}{2} O_2\ (g)$ ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง 1. จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ฝั่งขั้วที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 2. จะเกิดแก๊สออกซิเจนที่ฝั่งขั้วที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 3. เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วที่ต่อกับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 4. ขั้วที่ต่อกับขั้วบวกของไฟฟ้าเป็นขั้วแคโทด				
นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างจากเซลล์กัลวานิกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	15. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง 1. ขั้วบวกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิก เรียกว่าแอโนด 2. ขั้วบวกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์เรียกว่าแคโทด ขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเคมีเรียกว่าแอโนด 3. ขั้วบวกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ เรียกว่าแอโนด ขั้วบวกของเซลล์กัลวานิกเรียกว่า แคโทด 4. ขั้วบวกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ขั้วลบของเซลล์ไฟฟ้าเคมีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างจากเซลล์กัลวานิกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	16. ข้อใด<u>กล่าวไม่ถูกต้อง</u>เกี่ยวกับเซลล์อิเล็กโทรไลต์ 1. เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี 2. ค่า E^0 ของเซลล์มีค่าเป็นบวกเสมอ 3. ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ผันกลับได้ 4. เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เกิดกระบวนการที่เรียกว่า กระบวนการอิเล็กโทรไลซิส				
นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	17. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันที่ 298 K ของธาตุต่างๆ ดังนี้ $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ E = - 0.14 V $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ E = +0.34 V $Cd^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cd(s)$ E = - 0.40 V $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ E = - 0.44 V $Cr^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$ E = - 0.74 V $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ E = +0.80 V $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ E = - 0.76 V $Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$ E = - 1.68 V ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้<u>เกิดขึ้นเองไม่ได้</u> จำเป็นต้องต่อเข้ากับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา 1. $Cd + Fe^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Fe$ 2. $Cr + Ag^+ \rightarrow Cr^{3+} + Ag$ 3. $Sn + Cu^{2+} \rightarrow Sn^{2+} + Cu$ 4. $Al + Zn^{2+} \rightarrow Al^{3+} + Zn$				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	18. เซลล์อิเล็กโทรไลต์หนึ่งมีสารละลาย $ZnBr_2$ ซึ่งประกอบด้วย Zn^{2+} (aq) Br^- (aq) และ H_2O กำหนดให้ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันที่ 298 K เป็นดังนี้ <u>ขั้วแอโนด</u> $O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $E^0 = + 1.23$ V $Br_2(aq) + 2e^- \rightarrow 2Br\text{-}(aq)$ $E^0 = + 1.08$ V <u>ขั้วแคโทด</u> $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2OH^-(aq) + H_2(g)$ $E^0 = - 0.83$ V $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ $E^0 = - 0.76$ V ต้องให้พลังงานไฟฟ้า<u>อย่างน้อยเท่าใด</u> จึงจะเกิดปฏิกิริยา 1. 0.32 V 2. 0.76 V 3. 1.23 V 4. 1.83 V				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถอธิบายหลักการชุบด้วยไฟฟ้าได้	19. ถ้าต้องการชุบโลหะ A ด้วยโลหะ B วิธีการในข้อใดต่อไปนี้กล่าว<u>ไม่ถูกต้อง</u> 1. ใช้โลหะ B ต่อกับขั้วไฟฟ้าแคโทด 2. ใช้โลหะ B ต่อกับขั้วไฟฟ้าแอโนด 3. ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนของโลหะ A 4. ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น				
	20. ถ้าต้องการชุบกลอนประตูเหล็กด้วยโครเมียม ควรใช้อะไรเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และใช้อะไรเป็นขั้วแอโนดตามลำดับ 1. สารละลายที่มี Cr^{3+}, โลหะโครเมียม 2. สารละลายที่มี Fe^{2+}, โลหะเงิน 3. สารละลายที่มี Cr^{3+}, กลอนประตูเหล็ก 4. สารละลายที่มี Fe^{2+}, กลอนประตูเหล็ก				
นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	21. ข้อใดต่อไปนี้แสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทดได้<u>ถูกต้อง</u> ในการชุบเหรียญทองแดงด้วยโลหะเงิน 1. $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ 2. $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$ 3. $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ 4. $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	22. ข้อใดต่อไปนี้ แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกได้<u>ถูกต้อง</u> ในการชุบช้อนเหล็กด้วยโลหะเงิน 1. $Fe\ (s) \rightarrow Fe^{2+}\ (aq) + 2e^-$ 2. $Ag\ (s) \rightarrow Ag^+\ (aq) + e^-$ 3. $Fe^{2+}\ (aq) + 2e^- \rightarrow Fe\ (s)$ 4. $Ag^+\ (aq) + e^- \rightarrow Ag\ (s)$				
นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายด้วยไฟฟ้าได้	23. ในการแยกสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย $Cu^{2+}\ (aq)$, $SO_4^{2-}\ (aq)$ และ $H_2O\ (l)$ กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชัน ดังนี้ <u>ขั้วลบ</u> $Cu^{2+}\ (aq) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s)$ $E^0 = +0.34$ V $2H_2O\ (l) + 2e^- \rightarrow H_2\ (g) + 2OH^-\ (aq)$ $E^0 = -0.83$ V <u>ขั้วบวก</u> $S_2O_8^{2-}\ (aq) + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}\ (aq)$ $E^0 = +2.01$ V $O_2\ (g) + 4H^+\ (aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O\ (l)$ $E^0 = +1.23$ V <u>ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง</u> 1. สารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน คือ Cu^{2+} 2. สารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ SO_4^{2-} 3. เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะมีทองแดงเข้าไปเกาะที่ขั้วแอโนด 4. เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะมีออกซิเจนขึ้นที่ขั้วแคโทด				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายด้วยไฟฟ้าได้	24. ในกระบวนการแยกสลายโซเดียมคลอไรด์หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า เกิดปฏิกิริยาดังแสดงในสมการ $2Na^+ (aq) + 2Cl^- (aq) \rightarrow 2Na (l) + Cl_2 (g)$ ขั้วไฟฟ้าใดเกิดโลหะโซเดียม และขั้วไฟฟ้าใดเกิดแก๊สคลอรีน ตามลำดับ 1. แอโนด และแคโทด 2. แคโทด และแอโนด 3. เกิดที่ขั้วแอโนดทั้งคู่ 4. เกิดที่แคโทดทั้งคู่				
นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	25. เมื่อนำสารละลาย $CuCl_2$ มาทำการแยกด้วยไฟฟ้า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแคโทดเป็นไปตามข้อใด 1. $Cu (s) \rightarrow Cu^{2+} (aq) + 2e^-$ 2. $Cu^{2+} (aq) + 2e^- \rightarrow Cu (s)$ 3. $Cl_2 (g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^- (aq)$ 4. $2Cl^- + 2e^- \rightarrow Cl_2 (g)$				

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	26. ในการแยกสารละลายซิงค์โบรไมด์ที่หลอมเหลวด้วยกระแสไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนดคือข้อใด 1. $Zn\ (s) \rightarrow Zn2+\ (aq) + 2e-$ 2. $Zn2+\ (aq) + 2e^- \rightarrow Zn\ (s)$ 3. $Br2\ (g) \rightarrow 2Br-\ (aq) + 2e-$ 4. $2Br-\ (aq) + 2e^- \rightarrow Br\ (s)$				

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 31 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกได้	1	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
2. นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ในเซลล์กัลวานิกได้	3	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	5	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
4. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้	7	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
5. นักเรียนสามารถอธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	9	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
6. นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ได้	11	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
7. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการและส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลติกได้	13	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	14	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้

ตาราง 32 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
8. นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างจากเซลล์กัลวานิกของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	15	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	16	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
9. นักเรียนสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้	17	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	18	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
10. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการชุบด้วยไฟฟ้าได้	19	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	20	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
11. นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	21	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	22	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
12. นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายด้วยไฟฟ้าได้	23	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	24	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
13. นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้	25	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
	26	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้

ตาราง 33 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามจากแบบสัมภาษณ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
คำถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้
คำถามเกี่ยวกับครูผู้สอน	2	1	1	1	1	1	5	1.0	ใช้ได้

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวปาริชาติ สุทธิพันธ์
วันเกิด	วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2538
สถานที่เกิด	อำเภอภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 52/1 หมู่ที่ 12 ตำบลห้วยตึ๊กชู อำเภอภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ รหัสไปรษณีย์ 33140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษา โรงเรียนภูสิงห์ประชาเสริมวิทย์ จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2560 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเคมี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2564 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว