การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC: การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง

A STUDY OF SCIENTIFIC CONCEPTS AND CHEMISTRY ACHIEVEMENT ON ELECTROCHEMISTRY OF GRADE 11 STUDENTS BY USING TEACHING MODEL

วชิรวิทย์ แสงศรี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC: การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง

วชิรวิทย์ แสงศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A STUDY OF SCIENTIFIC CONCEPTS AND CHEMISTRY ACHIEVEMENT ON ELECTROCHEMISTRY OF GRADE 11 STUDENTS BY USING TEACHING MODEL FOR HOT CONCEPTUAL CHANGE (TMHCC): AN APPLICATION OF MIXED METHODS EXPERIMENTAL DESIGN

WACHIRAWIT SANGSRI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Educational Measurement, Evaluation, and Research)

Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC: การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง

ของ

วชิรวิทย์ แสงศรี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)

..... ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธาการ)

ชื่อเรื่อง	การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC: การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง
ผู้วิจัย	วชิรวิทย์ แสงศรี
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ ลังกา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และนักเรียนที่กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ 3) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และ 4) เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดราชบพิธ จำนวน 50 คน โดยใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC 2) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 4) แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ และ 5)แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ ความโด่ง การวิเคราะห์สถิติความแปรปรวนพหุนาม(One-way MANOVA) และสถิติ Hotelling T^2 ผลการวิจัยพบว่า 1) ประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 4 ประเด็น 2)นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

คำสำคัญ : มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี, การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์, การวิจัยผสานวิธี

Title	A STUDY OF SCIENTIFIC CONCEPTS AND CHEMISTRY ACHIEVEMENT ON ELECTROCHEMISTRY OF GRADE 11 STUDENTS BY USING TEACHING MODEL FOR HOT CONCEPTUAL CHANGE (TMHCC): AN APPLICATION OF MIXED METHODS EXPERIMENTAL DESIGN
Author	WACHIRAWIT SANGSRI
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Ittipaat Suwatanpornkool
Co Advisor	Associate Professor Dr. Wilailak Langka

The objectives of this research are as follows: (1) a study of misconceptions about electrochemistry; (2) to compare scientific concepts and the electrochemistry achievement of students in the experimental group rather than the control group; (3) to compare the scientific concepts and electrochemistry achievement posttest scores of students in the experimental group than the pretest scores; and (4) to study the process of conceptual change with regard to electrochemistry. The samples consisted of 50 Grade Eleven students in (25 students in the experimental group and 25 students in the control group). The research instruments included the following: (1) the lesson plan used a teaching model for conceptual change (TMHCC); (2) a general lesson plan; (3) an electrochemistry achievement test and a conceptual comprehension test; (4) a learning log form; and (5) a learning behavior observation form. The data were analyzed using mean, standard division, skewness, kurtosis, multivariate analysis of variance (One-way MANOVA), and Hotelling T^2. The research findings were as follows: (1) there are four misconceptions about electrochemistry; (2) the scientific concepts and the electrochemistry achievement scores of the students in the experimental group were significantly higher than the control group at a level of .05 and at level three. The scientific concepts and electrochemistry achievement posttest scores of the students in the experimental group were significantly higher than the pretest scores at .05 and level four. In conclusion, the students changed their conceptions of electrochemistry.

Keyword : scientific concepts, chemistry achievement, conceptual change, Mixed methods

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยเนื่องจากความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ผู้คอยเอาใจใส่ ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ชี้นำแนวทางการทำปริญญานิพนธ์ด้วยหลักจริยธรรมและจรรณยาบรรณขแงนักวิจัย รวมทั้งแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ จนปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูลเป็นอย่างสูงในโอกาสที่เสียสละ ทุ่มเทพลังกายและแรงใจจนทำให้ผู้วิจัยเกิดการเรียนรู้ทั้งในการทำปริญญานิพนธ์และการเรียนรู้ในโอกาสต่าง ๆ ทั้งในและนอกชั้นเรียน สิ่งที่ได้รับจากอาจารย์ตลอดระยะเวลาตั้งแต่เข้าศึกษาทำให้ผู้วิจัยรู้สึกภูมิใจและเป็นเกียรติที่ได้เป็นลูกศิษย์ของอาจารย์ ผู้วิจัยจะระลึกถึงพระคุณของอาจารย์และนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการพัฒนาตนเองให้มีศักยภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้มอบความรู้ ประสบการณ์รอยยิ้มและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการเข้าศึกษาและทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล ประธานกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธาการ กรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย มีชาญ ประธานกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข กรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ โดยให้ความกรุณาตรวจสอบ ปรับปรุงและให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค คุณครูสิริรัตน์ มาลากุล ณ อยุธยา คุณครูจินดารันต์ แก้วพิกุล คุณครูธีรพล ชนะภัย ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ประสบการณ์และแนวคิดให้กับลูกศิษย์ตลอดระยะเวลาการศึกษา อีกทั้งยังพิจารณามอบทุนสนับสนุนในงานวิจัยครั้งนี้

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้จัยขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนวัดราชบพิธและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนพี่น้องนิสิตปริญญาโทสาขาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและอยู่เบื้องหลังของความสำเร็จในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกและบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความรู้และอบรมสั่งสอนแก่ผู้วิจัยตลอดมา

วชิรวิทย์ แสงศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายการวิจัย 6

ความสำคัญการวิจัย 7

ขอบเขตการวิจัย 7

ระยะที่ 1 การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 7

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล 7

ประเด็นที่ศึกษา 7

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 7

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 7

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 8

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 8

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย 8

ตัวแปรที่ศึกษา 8
นิยามศัพท์เฉพาะ 9
สมมติฐานการวิจัย 11
กรอบแนวคิดในการวิจัย 11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
1. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 15
1.1 ความหมายของมโนทัศน์ 15
1.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 16
1.3 กระบวนการสร้างมโนทัศน์ 16
1.4 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 18
1.5 การจัดกลุ่มมโนทัศน์ 22
1.6 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 24
1.7 ประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ 24
1.8 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 26
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 27
2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivist theory) 27
2.2 เงื่อนไขเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 30
2.3 รูปแบบการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC 35
3. มโนทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 43
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 43
3.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 43
3.3 เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 48
3.4 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 49

4. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental (or Intervention) Designs) 52
4.1 ความหมายของการวิจัยแบบผสานวิธี 52
4.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัยแบบผสานวิธี 53
4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการวิจัยแบบผสานวิธี 54
4.4 ลักษณะของการวิจัยแบบผสานวิธี 56
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 63
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 71
ระยะที่ 1 การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 73
1. การกำหนดปัญหาวิจัย 73
2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 73
3. การเลือกผู้ให้ข้อมูล 73
4. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 74
5. การเก็บข้อมูลภาคสนาม 75
6. การจัดกระทำข้อมูล 75
ระยะที่ 2 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 76
1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 76
2. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 76
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 78
4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย 78
5. ตัวแปรที่ศึกษา 78
6. แบบแผนการทดลอง 78

7. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 79
8. การดำเนินการทดลอง 96
9. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล 97
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 99
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 100
การนำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล 100
ตอนที่ 1 ผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 100
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 106
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 139
สรุปผลการวิจัย 140
อภิปรายผลการวิจัย 142
ข้อเสนอแนะ 148
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 148
ข้อเสนอแนะในการการวิจัยครั้งต่อไป 148
บรรณานุกรม 150
ภาคผนวก 156
ภาคผนวก ก 157
ภาคผนวก ข 159
ภาคผนวก ค 168
ภาคผนวก ง 180
ภาคผนวก จ 199
ภาคผนวก ฉ 215

ภาคผนวก ช 219

ประวัติผู้เขียน..... 221

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การจัดกลุ่มมโนทัศน์แบบ 4 กลุ่ม 22

ตาราง 2 การจัดกลุ่มมโนทัศน์แบบ 5 กลุ่ม 22

ตาราง 3 ขั้นตอนการสอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนของ TMHCC 35

ตาราง 4 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของ TMHCC 37

ตาราง 5 ขั้นตอนของแบบแผนการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Design) 61

ตาราง 6 แผนการเก็บข้อมูลภาคสนาม 75

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง 79

ตาราง 8 การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 82

ตาราง 9 เนื้อหาและจำนวนข้อคำถามตามระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด 88

ตาราง 10 เกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 89

ตาราง 11 เกณฑ์การแปลความหมายขนาดอิทธิพลของ Jacob Cohen 98

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 106

ตาราง 13ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 107

ตาราง 14 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นในนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 109

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการจัดการเรียนรู้ 109

ตาราง 16 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 111

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Hotelling's T^2 112

ตาราง 18 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC 114

ตาราง 19 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ . 123

ตาราง 20 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 134

ตาราง 21 การตีความและสรุปผลระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ TMHCC 138

ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 160

ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า..... 162

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 164

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (α -coefficient) 166

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 13
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสร้างมโนทัศน์ของบุคคล 17
ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการสร้างความรู้ 29
ภาพประกอบ 4 กระบวนการเปลี่ยนมโนทัศน์ตามแนวคิดของโพสเนอร์ 31
ภาพประกอบ 5 มุมมองการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามแนวคิดของ Duit และ Treagust 34
ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบ การทดสอบ การวัดและการประเมิน 46
ภาพประกอบ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดและการประเมินกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ 47
ภาพประกอบ 8 รูปแบบการผสมเท่าเทียมกัน แบบตามลำดับ 56
ภาพประกอบ 9 รูปแบบการผสมอย่างเท่าเทียม แบบคู่ขนาน/พร้อมกัน 57
ภาพประกอบ 10 รูปแบบการผสมอย่างเป็นตัวหลักและตัวรอง แบบตามลำดับ 57
ภาพประกอบ 11 รูปแบบการผสมอย่างเป็นตัวหลักและตัวรอง แบบคู่ขนาน/พร้อมกัน 57
ภาพประกอบ 12 รูปแบบการผสมในหลายระดับ 58
ภาพประกอบ 13 แบบแผนคู่ขนาน(The convergent design) 58
ภาพประกอบ 14 แบบแผนขั้นตอนการอธิบายตามลำดับ (The Explanatory sequential design) 59
ภาพประกอบ 15 แบบแผนขั้นตอนการสำรวจตามลำดับ (The Exploratory sequential design) 59
ภาพประกอบ 16 แบบแผนการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental (or Intervention) Design) 60
ภาพประกอบ 17 แบบแผนกรณีศึกษา (Mixed Methods Case Study Design) 62
ภาพประกอบ 18 แบบแผนการวิจัยผสานวิธีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC 72

ภาพประกอบ 19 การเลือกตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิจัย 77
ภาพประกอบ 20 แผนภาพแสดงประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 105
ภาพประกอบ 21 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์จากแบบบันทึกกิจกรรม 115
ภาพประกอบ 22 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิริยารีดอกซ์จากแบบบันทึกกิจกรรม..... 116
ภาพประกอบ 23 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์จากแบบ
บันทึกกิจกรรม 117
ภาพประกอบ 24 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบบันทึกกิจกรรม..... 118
ภาพประกอบ 25 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากแบบบันทึกกิจกรรม .. 119
ภาพประกอบ 26 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากแบบบันทึกกิจกรรม .. 120
ภาพประกอบ 27 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบบันทึกกิจกรรม
..... 121
ภาพประกอบ 28 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบบันทึกกิจกรรม
..... 122
ภาพประกอบ 29 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์จาก
แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 127
ภาพประกอบ 30 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์จาก
แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 128
ภาพประกอบ 31 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จาก
แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 129
ภาพประกอบ 32 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จาก
แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 130
ภาพประกอบ 33 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จากแบบวัดมโนทัศน์ทาง
วิทยาศาสตร์..... 131
ภาพประกอบ 34 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้าจาก แบบวัดมโนทัศน์
ทางวิทยาศาสตร์..... 132

ภาพประกอบ 35 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลลเคมีฟ้าจาก แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 133

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีส่งผลให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมที่อำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการของมนุษย์ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต อันเนื่องมาจากผลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ คิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ บนพื้นฐานของความเป็นเหตุและเป็นผล มีความสามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตัดสินใจได้อย่างหลากหลายและมีประจักษ์พยานที่สามารถตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์ส่งผลให้สังคมโลกเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society)ซึ่งเป็นสังคมสมัยใหม่ ที่จะทำให้มนุษย์ทุกคนได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อทำให้มนุษย์มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นและนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุและมีผล เพื่อให้เท่าทันกระแสโลกาภิวัตน์ที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างไม่หยุดยั้ง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น.30)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ภายใต้กระทรวงศึกษาธิการ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นหวังให้ให้เกิดผลต่อผู้เรียนมากที่สุด มีเป้าหมายมุ่งเน้นผู้เรียนได้ค้นพบตนเอง ได้รับการพัฒนากระบวนการคิดรวมทั้งความสามารถในการแก้ไขปัญหาและนำความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้จัดทำมาตรฐานการจัดการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้นจากการทบทวนและสะท้อนปัญหาการใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ซึ่งเป็นแผนหลักของการพัฒนาประเทศ บนพื้นฐานของกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560 – 2579 และเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) เพื่อให้การจัดการศึกษาสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม รวมทั้งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาเจริญก้าวหน้าอย่างไม่หยุดยั้ง มุ่งหวังในการเตรียมความพร้อมทั้งด้านกำลังคนและการเสริมสร้าง

ศักยภาพของประชากรในทุกช่วงวัยเพื่อยกระดับคุณภาพทุนมนุษย์ของประเทศ พัฒนาคนให้เหมาะสมตามช่วงวัยให้เติบโตอย่างมีคุณภาพ รวมทั้งพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกศตวรรษที่ 21 และสอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 ของคนในแต่ละช่วงวัยตามความเหมาะสม พัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงในอนาคต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 หมวดที่ 1 มาตรา 6 และหมวดที่ 4 มาตรา 22-23 ได้ระบุถึงความมุ่งหมาย หลักการ และแนวทางการจัดการศึกษาไว้ว่า การศึกษาเป็นกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาบุคคลให้มีความสมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ และสติปัญญา โดยยึดหลักนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้

วิชาวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการค้นคว้าข้อมูลและสร้างองค์ความรู้โดยใช้ขั้นตอนในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลายโดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ทั้งนี้วิชาวิทยาศาสตร์เป็นเนื้อหาที่สอนอยู่บนหลักการว่าด้วยเรื่องเหตุและผล นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหาตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ การที่นักเรียนจะสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล ประการหนึ่งที่สำคัญ นั่นคือการที่นักเรียนมีความรู้และมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่ใช้ในการบรรยายหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ แต่มีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เบี่ยงเบนไปจากความรู้ที่แท้จริง และวิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นการศึกษาสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ในวิชาเคมี กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ อธิบายสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ แต่บางครั้งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาวิชาเคมีอาจจะยากและทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนขึ้นได้(ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) ซึ่งการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โกวิน (ไข่มุก เลื่องสุนทร. 2552: 36; อ้างอิงจาก Gowin.1982. Education. p. 34) ให้ความหมายของ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน กล่าวคือ ความคิดหรือข้อสรุปที่แปรปรวนไปจากความจริง ซึ่งจะยึดติดกับความคิดเป็นผลทำให้บุคคลนั้นไม่เข้าใจความรู้ที่แท้จริง ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในทุกช่วงของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนมีผลในด้านลบ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาที่ถูกต้อง หมด

กำลังใจในการเรียนรู้ต่อไป เนื่องจากผลการประเมินที่ได้จากการเรียนไม่ตรงตามความคาดหวังของนักเรียนที่มั่นใจจากการวัดผลและประเมินผล อาจส่งผลให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชา (ศิริเดช สุชีวะ, 2538) เช่น ในวิชาเคมีเปรียบเหมือนอีกภาษาหนึ่งนอกเหนือจากภาษาที่ผู้เรียนใช้ในชีวิตประจำวัน มีคำศัพท์ที่นักวิทยาศาสตร์และนักเคมีใช้แต่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจในคำศัพท์นั้น ยกตัวเช่น คำว่า อนุภาค ในชีวิตประจำวันหมายถึงของแข็งที่มีขนาดเล็กที่สามารถมองเห็นได้ แต่ในวิชาเคมีคำว่าอนุภาคหมายถึง อะตอม ไอออน หรือโมเลกุล อีกประเด็นคือผู้เรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน เช่น ถ้าผู้เรียนไม่เข้าใจเรื่องกระแสไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าอาจทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเคมีไฟฟ้า หรือถ้าผู้เรียนไม่เข้าใจเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์เรื่องสมดุลเคมี (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) รวมทั้งอีกสาเหตุหนึ่งคือ ภาพประกอบในแบบเรียนที่ไม่สามารถสื่อความหมายให้ตรงกับบริบทการเรียนรู้ในเนื้อหาได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนแปลความหมายภาพประกอบที่ได้ตามการรับรู้และความเข้าใจของตน จึงเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนขึ้น (National Research Council [NRC], 1997)

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษา วิเคราะห์ และวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน อีกทั้งงานวิจัยบางส่วนมีความพยายามนำหลักการ ทฤษฎีการสอนต่าง ๆ เทคนิค หรือรูปแบบการสอนที่หลากหลายมาประยุกต์ ใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ โดย Posner, Strike, Hewson, P. W., และ Gertzog (1982) กล่าวว่าเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (conceptual change) ประกอบไปด้วย 4 เงื่อนไขได้แก่ ความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ (Dissatisfaction) นั่นคือมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนไม่สามารถที่จะนำไปแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ตนเองเคยเข้าใจได้แล้ว โดยมโนทัศน์ใหม่สามารถเข้าใจได้ (Intelligible) มโนทัศน์ทำให้เกิดประสบการณ์เพียงพอที่จะอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ตนเข้าใจมโนทัศน์ใหม่ได้มากขึ้น ซึ่งมโนทัศน์ใหม่จะต้องปรากฏความน่าเชื่อถือหรือมีเหตุผล (Plausible) อย่างน้อยที่สุดต้องปรากฏสิ่งที่สามารถแก้ปัญหาที่ถูกสร้างขึ้น และมโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์หรือนำไปใช้ในบริบทใหม่ (Fruitful) เมื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้กับสถานการณ์อื่นหรือขอบเขตอื่น มโนทัศน์ใหม่ควรจะมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการขยายขอบเขต แล้วพบว่าสามารถนำไปใช้ดี ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ขึ้นอยู่กับสภาวะของมโนทัศน์(conceptual status) และนิเวศวิทยาของมโนทัศน์(conceptual ecology) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ไม่ควรจำกัดอยู่เฉพาะในเรื่องของมโนทัศน์ตามกรอบแนวคิดญาณวิทยา แต่ควรมองถึงภววิทยาและมิติทางสังคมและความรู้สึกทั้งนี้ยังมีนักการศึกษาสร้างและพัฒนารูปแบบ

การสอนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ซึ่งมีรูปแบบหลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (DSLM) รูปแบบการจัดการเรียนรู้เปลี่ยนแปลงมโนทัศน์(CCM) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสี่ขั้นตอนตามแนวคิดสรรคนิยม(Four step constructivist teaching model) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้เปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของคูรัลและโคคาคูลา (Teaching model for Hot Conceptual Change(TMHCC)) เป็นต้น จากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เช่น ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ (2558) ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบการสอน MIS เมธิน อินทรประสิทธิ์ (2560) ทำการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์และสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีโดยจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย อีกทั้ง เสาวนีย์ สังฆะขี (2555) ได้ใช้การจัดเรียนรู้โดยใช้ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ ของ Hewson & Hewson (2003) ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ที่กล่าวมาเบื้องต้นนั้นรูปแบบการเรียนการสอนที่ได้เข้ามามีส่วนช่วยในการลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมถึงในวิชาเคมีอีกเช่นกัน

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของ(Kural และ Kocakülah, 2016)เป็นรูปแบบของการจัดการเรียนการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนตามแนวคิดของ Posner et al. (1982) โดยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Motivation) และการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) เข้าไปในขั้นตอนของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ ครูมีบทบาทหน้าที่นำเสนอสิ่งเร้ากระตุ้นการเรียนรู้และความสนใจของนักเรียนและรวมทั้งตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้และนำเสนอวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้ที่จะเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียนนั้นครูจะใช้การตั้งคำถามกับนักเรียนเพื่อท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยการประเมินความน่าเชื่อถือของคำตอบและการตอบคำถามด้วยความเข้าใจของนักเรียนเอง ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้ ครูจะทำหน้าที่สรุปข้อความมโนทัศน์ที่แตกต่างขัดแย้งกับเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา และครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความรู้และมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของของตนเอง

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา บทบาทของครูคือการนำเสนอเหตุการณ์หรือสิ่งทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา พร้อมตั้งคำถามกับนักเรียน ขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง ครูจะให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำงานพื่อสังเกตและอธิบายเหตุการณ์ที่ครูนำเสนอในขั้นที่ 4 ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยตอบคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนโต้แย้งเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่นำเสนอและร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการตอบคำถามและการโต้แย้งภายในกลุ่ม ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ครูยังมีบทบาทในการตั้งคำถามนำไปสู่การสรุปความรู้และตรวจสอบมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนและมโนทัศน์ใหม่ที่เกิดจากการสังเคราะห์คำตอบของนักเรียนภายในกลุ่มและนำเสนอมโนทัศน์ใหม่ที่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ พร้อมทั้งให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่มและตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาใหม่ ๆ เพื่อให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาอีกทั้งระบุประโยชน์และคุณค่าของมโนทัศน์ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้และตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง และขั้นที่ 8 การประเมินผล ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนระบุมโนทัศน์เดิมก่อนการจัดการเรียนรู้และมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นหลังเรียนและใช้คำถามกับนักเรียนเพื่อพิจารณาว่าตนเองเกิดว่านักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์หรือไม่ ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์สาเหตุใดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

การวิจัยผสานวิธีการรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง Creswell และ Plano Clark (2017) ได้ให้นิยามว่าเป็นรูปแบบการวิจัยที่มีการผสมผสานวิธีการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักและในระหว่างช่วงการวิจัยนั้นสอดแทรกการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง (ทั้งในช่วงก่อน ระหว่าง และหลังการวิจัย) ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการศึกษาที่ได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปสู่การตีความและสรุปผล รัตนะ บัวสนธ์ (2556, น. 67 - 68) กล่าวว่าข้อดีของการใช้การวิจัยแบบผสานวิธี คือ การวิจัยแบบผสานวิธีมีจุดแข็งในการแสวงหาคำตอบเนื่องจากสามารถปิดจุดอ่อนที่มีอยู่ในวิธีวิจัยเชิงปริมาณและวิธีวิจัยเชิงคุณภาพในการแสวงหาหาคำตอบได้บางแง่มุมเท่านั้น การวิจัยผสานวิธีนั้นทำให้ได้คำตอบที่ทำให้เกิดความรู้และความเข้าใจในประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาอย่างกว้างขวางและนุ่นลึก กล่าวคือ เมื่อผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้จากการดำเนินงานศึกษาในเชิงปริมาณมาใช้จะได้คำตอบในลักษณะภาพกว้าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษานั้น ขณะเดียวกันถ้าพิจารณาคำตอบหรือความรู้ที่ได้จากวิธีการเชิงคุณภาพจะมีลักษณะเป็นเรื่องเฉพาะกรณีที่ให้ความรู้ลุ่มลึกเฉพาะกรณี อีกทั้งการวิจัยแบบผสานวิธีเมื่อนำมาใช้ดำเนินการวิจัยจะก่อให้เกิด

ความหลากหลายและผสมผสาน รวมทั้งการแลกเปลี่ยนโลกทัศน์ของนักวิจัย ทำให้นักวิจัยมีมโนทัศน์ทัศน์ทางวิชาการอย่างกว้างขวางสอดคล้องกับความจริงที่เกิดขึ้นทางสังคม และการวิจัยแบบผสานวิธีมีส่วนช่วยให้ผู้วิจัยตั้งคำถามและจุดมุ่งหมายของวิจัย นำไปสู่การหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และใช้เทคนิควิธีการอย่างหลากหลายในการหาคำตอบให้กับคำถามและจุงมุ่งหมายการวิจัย สอดคล้องกับ อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27) อธิบายว่า การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยทำให้เกิดการตอบคำถามเชิงความรู้และเชิงยืนยัน โดยใช้ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการตรวจสอบข้อมูลซึ่งกันและกันในลักษณะของการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล ช่วยทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจสอดคล้องกันและได้ข้อมูลที่หลากหลายมาเสริมกัน ทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจขัดแย้งกันและทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งเพื่อการวิพากษ์หรือเกิดประเด็นใหม่ที่น่าสนใจและการวิจัยแบบผสานวิธีช่วยขยายขอบเขตความกว้างและความลึกของงานวิจัยทำให้การสรุปอ้างอิงมีน้ำหนักมากขึ้นในมิติความกว้างและความลึก

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มาใช้ในการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและส่งต่อผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายการวิจัย

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีความมุ่งหมายการวิจัยรอง ดังนี้

2.1 เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

2.3 เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ความสำคัญการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสำคัญดังนี้

1. ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางที่ครูผู้สอนสามารถใช้เป็นประเด็นในจัดการการเรียนรู้ที่เน้นย้ำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องให้แก่นักเรียนและเป็นการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

2. นักเรียนได้รับการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

ขอบเขตการวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งเป็นครูที่สอนในสถานศึกษาของรัฐ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานครเขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 3 คน

ประเด็นที่ศึกษา

การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ประเด็นที่ศึกษา คือ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนกลุ่มที่ 1 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 จำนวน 10 โรงเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวนทั้งหมด 3,568 คน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดราชบพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 50 คน ซึ่งได้จากการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power version 3.1.9.2 เพื่อหาจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม โดยกำหนดสถิติทดสอบเอฟ(F test) การทดสอบทางสถิติ MANOVA(MANOVA: Global effect) และประเภทของการวิเคราะห์อำนาจทดสอบเลือกการกำหนดตัวอย่างที่เหมาะสมก่อนการวิจัย(A priori: Computer required sample size-given α, and effect size) ผู้วิจัยกำหนดค่าขนาดอิทธิพลจากงานวิจัยของชัยยุทธ สุขวัจนี(2558: 55) มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.81 กำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ .05 และอำนาจการทดสอบเท่ากับ 0.80 โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการเลือกตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยผู้วิจัยดำเนินจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้เวลาในการทดลองจำนวน 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 27 คาบเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 ประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้ 1.เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ 2.เซลล์เคมีไฟฟ้า 3.ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และ 4.ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 วิธี 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC และ 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 3) กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดรวบยอดของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ประกอบด้วย 5 ระดับ ดังนี้

1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Sound understanding: SU) หมายถึง นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วน(Partial understanding with specific misconception: PU & MU) หมายถึง นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Specific misconception: MU) หมายถึง นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

5) ไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนผลการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้จากการวัดด้านพุทธิพิสัย ในระดับความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ 1) เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ 2) เซลล์เคมีไฟฟ้า 3) ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ 4) ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า

3. กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เดิมจากที่ไม่มีหรือไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ใหม่เป็นมโนทัศน์ที่มีความสอดคล้องมโนทัศน์ใหม่อันที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน โดยพิจารณาจากแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หมายถึง วิธีการหรือขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ประกอบด้วยการสอน 8 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ ครูมีบทบาทหน้าที่นำเสนอสิ่งเร้ากระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนและรวมทั้งตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในบริบทการเรียนรู้และนำเสนอวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน ครูตั้งคำถามกับนักเรียนเพื่อท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) โดยให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยรตอบคำถามด้วยความเข้าใจของนักเรียนเองและประเมินความน่าเชื่อถือของคำตอบ

ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้ บทบาทของครูคือทำหน้าที่สร้างข้อความสรุปมโนทัศน์ที่แตกต่างขัดแย้งกับเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา และครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความรู้เดิมและมโนทัศน์เดิมของของตนเอง

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา ครูมีบทบาทในการนำเสนอเหตุการณ์หรือสิ่งทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา พร้อมทั้งมีการตั้งคำถามกับนักเรียน

ขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำงานพื่อสังเกตและอธิบายเหตุการณ์ที่ครูนำเสนอในขั้นที่ 4 ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยตอบคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ภายในแต่ละกลุ่มเพื่อโต้แย้งเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่นำเสนอและร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการตอบคำถามและการโต้แย้งภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ครูตั้งคำถามนำไปสู่การสรุปความรู้และตรวจสอบมโนทัศน์เดิมของนักเรียนและมโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเคราะห์คำตอบของนักเรียนภายในกลุ่มและนำเสนอมโนทัศน์ใหม่ที่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ พร้อมทั้งให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่มและตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกัน อีกทั้งระบุประโยชน์และคุณค่าของมโนทัศน์ใหม่ที่ได้จาการเรียนรู้และตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

ขั้นที่ 8 การประเมินผล ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนระบุมโนทัศน์เดิมก่อนการจัดการเรียนรู้และมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นหลังเรียน และให้นักเรียนพิจารณาว่าตนเองว่านักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์หรือไม่ ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์สาเหตุใดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หมายถึง วิธีการหรือขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมี เรื่อง เคมี ไฟฟ้า ที่ประกอบด้วยการสอน 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูทบทวนความรู้เนื้อหาเดิม และยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน

ขั้นสอน ครูอธิบายเนื้อหาที่เรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนร่วมอภิปรายเนื้อหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้

ขั้นสรุปบทเรียน ครูสรุปเนื้อหาและตั้งคำถามเพื่อประเมินผลการเรียนรู้

6. การวิจัยผสานวิธีการรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง หมายถึง รูปแบบการวิจัยที่มีการผสมผสานวิธีการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักและในช่วงก่อนและระหว่างช่วงการวิจัยนั้นผู้วิจัยสอดแทรกการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง และนำข้อมูลจากการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปสู่การตีความสรุปและผล

สมมติฐานการวิจัย

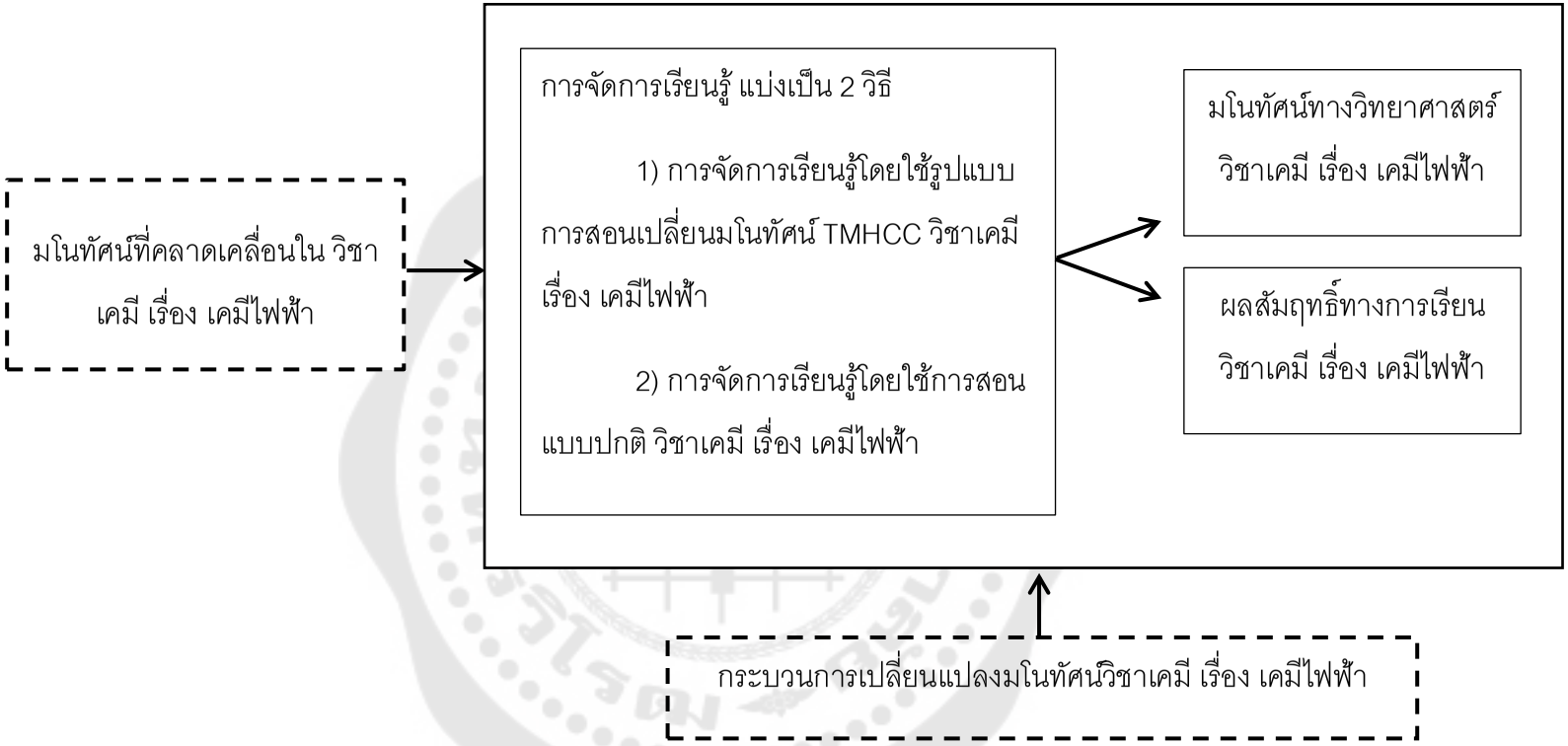
1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษารูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์นั้น จากทฤษฎีการสร้างความรู้นั้น Piaget (1966) และ Vygotsky (1986) กล่าวถึงการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสร้างความรู้

หลังจากได้รับประสบการณ์ใหม่ๆ โดยการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยตรง การเรียนรู้เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ผู้เรียนมีความรู้เดิมมาก่อนและการเรียนรู้เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีเมื่อลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้รับประสบการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงความรู้เดิมและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน ครู ผู้ปกครอง การจัดการเรียนรู้จึงเป็นการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์จากความรู้เดิมของผู้เรียนให้เป็นมโนทัศน์ที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนความเข้าใจผิดเกี่ยวกับคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตหรือความสัมพันธ์ที่ขัดแย้งกับมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับ โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากแนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้ ส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540 : 52) โดย Kural และ Kocakülah (2016) ได้เสนอรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ Teaching Model for Hot Conceptual Change TMHCC) ประกอบไปด้วย 8 ขั้น ได้แก่ ขั้นการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ ขั้นการตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน ขั้นการแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้ ขั้นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา ขั้นการทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง ขั้นแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน และขั้นการประเมินผล โดยพัฒนามาจากแนวคิด Posner และคนอื่น ๆ (1982) ที่อธิบายเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ กระบวนการดูดซึมจะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ใหม่สอดคล้องและไม่ขัดแย้งความรู้เดิม ถ้าความรู้ใหม่ไม่สามารถดูดซึมได้จากการใช้ความรู้เดิมจะเกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ที่จะทำให้เข้าใจความรู้ใหม่ได้ตามคำนิยามของ โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (conceptual change) เงื่อนไข 4 ดังนี้ 1) ความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ 2) มโนทัศน์ใหม่สามารถเข้าใจได้ 3) มโนทัศน์ใหม่จะต้องปรากฏความน่าเชื่อถือหรือมีเหตุผล และ4) มโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์หรือนำไปใช้ในบริบทใหม่ นอกจากนี้ Posner และคนอื่น ๆ (1982) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จะเกิดขึ้นหรือไม่นั้นขึ้นกับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ สภาวะของมโนทัศน์ (conceptual status) และนิเวศวิทยาของมโนทัศน์ (conceptual ecology) ในการนี้ผู้วิจัยนำการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Designs) Creswell และ Plano Clark (2017, น. 108 - 116) ที่มีรูปแบบการวิจัยที่มีการผสมผสานวิธีการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักและในช่วงก่อนและระหว่างการวิจัยผู้วิจัยสอดแทรกการเก็บเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง และนำข้อมูลจากการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปสู่การตีความและสรุปผล ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

หมายเหตุ ------ หมายถึงการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยนำเสนอรายละเอียด ดังนี้

1. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    1.1 ความหมายของของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    1.2 กระบวนการสร้างมโนทัศน์
    1.3 ประเภทมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    1.4 การจัดกลุ่มมโนทัศน์
    1.5.ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
    1.6 สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
    1.7 ประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
    1.8 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
    2.1 แนวคิดสรรคนิยม
    2.2 เงื่อนไขเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
    2.3 รูปแบบการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
3. มโนทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.3 เครื่องมือวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.4 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยผสานวิธี
    4.1 ความหมายของการวิจัยผสานวิธี
    4.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัยผสานวิธี
    4.3 ลักษณะของการวิจัยผสานวิธี
    4.4 แบบแผนการวิจัยผสานวิธีรูปแบบการทดลองเชิงจัดกระทำ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ มาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งรากศัพท์ภาษาละตินตรงกับคำว่าว่า conceptus หรือ concipere (conceive) ซึ่งเป็นเพียงแนวคิดหรือกรอบแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องๆ หนึ่งที่คิดค้นหรือทำความเข้าใจเมื่อรับข้อมูลใหม่ๆ เข้ามา ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2555, น. 1 - 8) ในวงวิชาการอาจมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น ความคิดรวบยอด ความเข้าใจความคิด แนวคิด สังกัป หรือมโนทัศน์ ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน นักการศึกษาหลายคนได้ให้นิยามความหมายของมโนทัศน์(concept) ยกตัวอย่างเช่น จาคอบเซ็นและคณะ (Jacobsen et al. 1985:36) และ อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, น. 62) กล่าวว่า มโนทัศน์เป็นแนวความคิดหรือความเข้าที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จึงให้ความหมายมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์เป็นแนวคิดที่กล่าวถึงการจัดกลุ่มหรือการจำแนกประเภทสิ่งของที่มีลักษณะเหมือนกัน เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เกิดเป็นหน่วยของความคิด หรือประเภทของประสบการณ์ ง ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง สอดคล้องกับ ชนาธิป พรกุล (2557, น. 123) ได้อธิบายถึงมโนทัศน์ทีมี 3 ลักษณะ ประกอบไปด้วย ข้อความที่แสดงถึงแกนของเรื่องหนึ่ง ๆ ซึ่งเกิดจากการเก็บรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้นๆ เช่น การจัดลักษณะสิ่งที่เหมือนกันของสิ่งของเหตุการณ์ ประสบการณ์เข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบแลบะเป็นระบบ ขึ้นเป็นหน่วยความคิดประเภท หรือกลุ่มคำจำกัดความหรือความเข้าใจจนสามารถกำหนดเป็นเกณฑ์ที่จะใช้จัดประประเภท สิ่งของ วัตถุ พฤติกรรม และสิ่งที่เป็นนามธรรม นอกจากนี้ ไลน์ (2000: 2) และนวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2537) ยังกล่าวว่า มโนทัศน์นั้นเป็นการจัดกลุ่มของความรู้ที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือเกิดจากการได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ จนเกิดการรับรู้ เรียนรู้และสรุปเป็นองค์ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนั้นของแต่ละบุคคล สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548, น. 126) กล้าวไว้ว่า มโนทัศน์นั้นเป็นการนำความจริงที่เป็นความจริงเดี่ยวหรือความจริงหลากหลายอันที่มีความเกี่ยวข้องมาผสมผสานกันเป็นความคิดรวบยอด

จากความหมายข้างต้นจึ่งสรุปได้ว่า มโนทัศน์ เป็นความรู้ความเข้าใจโดยสรุปที่เกี่ยวข้องกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ผ่าน การวินิจฉัย หรือตรวจสอบ จนสามารถจัดระเบียบความคิดที่เป็นระบบ ที่มนุษย์สามารถนำไปสู่เป็นคำจำกัดความของสิ่งนั้นๆและเป็นมโนภาพในใจได้

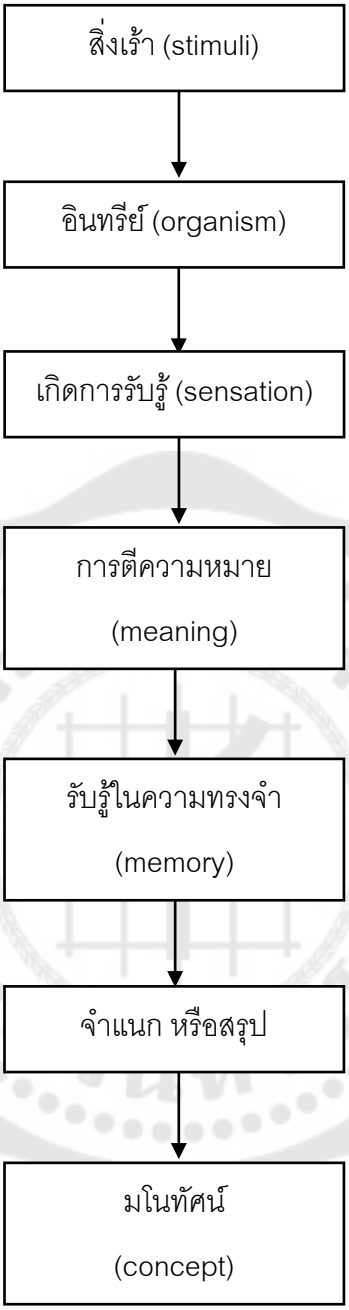
1.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์(Scientific concepts) มโนทัศน์หนึ่งอาจจะเกิดจากการนำมโนทัศน์หลายๆมโนทัศน์มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลทั้งเป็นรูปธรรมและนามธรรมเชื่อมโยงกัน มีลักษณะเป็นสากล ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจบริบทการเรียนรู้และเพิ่มพูนความรู้ในระดับที่สูงขึ้น นอกจากนี้นักการศึกษายังได้ให้นิยามความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดย Klopfer (1971) และ จาคอบเซ็น (1990) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวความคิดและความเข้าใจในลักษณะที่เกิดจากการสรุปความรู้หรือการรวบรวมข้อคิดเห็นและตัวอย่างจากความเข้าใจในลักษณะทั่วไปของบุคคลในสังคมหรือ สังคมนักวิทยาศาสตร์ อีกทั้งเป็นความรู้ความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติหรือวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่เป็นข้อเท็จจริงที่บุคคลสามารถเกิดการรับรู้ได้ นอกจากนี้วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) และสมพิศ ภูมิช่วง (2553) ได้ให้ความหมายถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็น แนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือ ปรากฏการณ์ต่างๆ โดยใช้หลักฐานที่ค้นพบเป็นข้อมูลเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์นั้น ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักฐานที่ค้นพบใหม่และได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ ในทางเดียวกันสอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2550: 11) กล่าวว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ความรู้หนึ่งของวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้สอนนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาปรับประยุกต์ใช้ในการจัดการสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง

จากที่กล่าวมาข้างต้น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จึงหมายถึงแนวคิดหรือความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ หรือสถานการณ์ธรรมชาติ โดยสามารถที่จะพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้หลากหลายทาง ซึ่งจะต้องเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วนำเข้ามารวมกับประสบการณ์ใหม่ เกิดเป็นความเข้าใจโดยความเข้าใจนั้นจะต้องตรงกลับบุคคลหรือสังคมในชุมชนวิทยาศาสตร์

1.3 กระบวนการสร้างมโนทัศน์

ในการสร้างมโนทัศน์นั้น นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2537) ได้อธิบายกระบวนการสร้างมโนทัศน์ เกิดจากปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการสร้างมโนทัศน์จากการเรียนรู้ โดยร่างกายได้รับสิ่งเร้า ซึ่งทำให้เกิดการรับรู้และตีความว่าสิ่งนั้นคืออะไร มีความหมายอย่างไร และเมื่อ เกิดการตีความจะนำไปสู่การเก็บข้อมูลลงในความทรงจำ ซึ่งเมื่อเกิดการรับรู้ใหม่ สมองจะเกิดการประมวลผลจำแนกแยกแยะความแตกต่างได้ และสามารถเกิด มโนทัศน์หรือความเข้าใจได้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสร้างมโนทัศน์ของบุคคล

ที่มา: นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2537, น. 55)

องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อการสร้างมโนทัศน์จากการเรียนรู้ มีดังนี้

1. สิ่งเร้า ซึ่งมีความสำคัญที่ช่วยให้บุคคลเกิดการแยกแยะ คุณลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกันออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อจัดให้อยู่หมวดเดียวกัน

2. ความสามารถในการตีความหมาย การรับรู้ และการบันทึกความจำ บุคคลที่มีลักษณะรับรู้ และการตีความหมายได้อย่างเร็วและแม่นยำนั้นจะสามารถสร้างมโนทัศน์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งลักษณะดังกล่าว ของบุคคลสามารถโยงได้กับประเด็นนี้

2.1 อายุ เด็กเป็นบุคคลที่เกิดการสร้างมโนทัศน์ได้อย่างรวดเร็วเนื่องมาจากมีความสามารถในการรับรู้ การตีความหมาย และจดจำประเด็นได้ดีกว่าผู้ที่มีอายุ มากกว่า เพราะเซลล์ประสาทอยู่ในช่วงของการขยายเจริญ

2.2 ประสบการณ์ ผู้ใหญ่ที่มีอายุมากกว่าเด็กย่อมมีประสบการณ์มากกว่าสามารถ เชื่อมโยงประสบการณ์ให้เกิดมโนทัศน์ได้เร็วกว่าเด็ก

3. ความสามารถในการจำแนกแยกแยะคุณลักษณะต่าง ๆหรือเหตุการณ์ออกเป็น กลุ่ม ซึ่งบุคคลที่มีระดับปัญญามากจะมีความฉลาด และสามารถจำแนกและมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ได้ รวดเร็ว

4. ความสามารถในการสร้างมโนภาพในจิตนาการของบุคคล บุคคลที่มีความสามารถในการสร้างมโนภาพได้ดี ย่อมสามารถเกิดกระบวนการสร้างองค์ความรู้หรือมโนทัศน์ได้อย่างเร็ว เพราะคุณลักษณะบางอย่างไม่ สามารถจับต้องได้ ย่อมต้องอาศัยการจินตนาการตีความเข้าช่วย

5. ความสามารถในการใช้ภาษาบุคคลที่มีทักษะทางภาษาจะสามารถสื่อสารแปล ความออกมาเป็นความคิดรวบยอดได้ถูกต้องและชัดเจน

จากที่กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างมโนทัศน์มีองค์ประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ 1) สิ่งเร้า 2) ความสามารถในการรับรู้ ตีความหมาย และการบันทึกความจำ 3) ความสามารถในการจำแนกแยกแยะคุณลักษณะต่าง ๆ 4) ความสามารถในการสร้างมโนภาพในจินตนาการ และ 5) ความสามารถในการใช้ภาษา ซึ่งองค์ประกอบในข้างต้นมีความสัมพันธ์กันและมีความสำคัญต่อการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน

1.4 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การจำแนกประเภทมโนทัศน์ จากการศึกษาพบว่านักการศึกษามีการจำแนกประเภทของมโนทัศน์หลายแบบตามเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา โดย บรูเนอร์ (Bruner (อ้างถึงใน ภพเลาหไพบูลย์ (2542: 4)) ได้แบ่งมโนทัศน์ตามคำนิยามของมโนทัศน์ เป็น 3 ประเภท

(1) มโนทัศน์ที่มีการใช้คำเชื่อมคำเดียวกัน (Conjunctive concepts) โดยเป็นการเก็บรวบรวมคุณลักษณะและคุณค่าของสิ่งนั้นๆเข้าด้วยกัน โดยนำรวมกันเพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์ เช่น มโนทัศน์ของสสารเกิดจากการนำลักษณะของน้ำหนักและปริมาตรนำมาพิจารณา

ร่วมกัน โดยเป็นการรวมลักษณะที่ใช้ คำเชื่อม และกล่าวคือสสารมีคุณสมบัติ 2 อย่าง คือ น้ำหนัก และปริมาตร

(2) มโนทัศน์ที่ใช้คำเชื่อมแบบตรงกันข้ามกัน (Disjunctive concepts) เป็นการรวบรวมคุณลักษณะโดยใช้คำเชื่อมในลักษะตรงกันข้ามกัน เป็น หรือ เช่น หลอดเลือดเป็นโครงสร้างที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจ หรือ นำเหลือดออกจากหัวใจ

(3) มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Relational concepts) เป็นหการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ยกตัวอย่างเช่น สารละลายกรดเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนมากกว่าไฮดรอกไซด์ไอออน

นอกจากนี้ ชนาธิป พรกุล (2557, น. 123 - 124) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ กลุ่มที่ 1 แบ่งได้ 2 ข้อ โดยแบ่งตามเกณฑ์ในการรับรู้มโนทัศน์ ได้แก่

1. สิ่งที่เห็นเป็นรูปธรรม (concrete) บุคคลนั้นสามารถรับรู้โดยทางตรงผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ ตาผ่านการดูและการเห็น จมูกผ่านการได้กลิ่น ลิ้นผ่านการลิ้มรส และการสัมผัส เช่น เก้าอี้ โต๊ะ ลำธาร แก้วน้ำ เป็นต้น

2. สิ่งที่เห็นเป็นนามธรรม (abstract) บุคคลนั้นสามารถรับรู้ผ่านความรู้สึกซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น ค่านิยม ความเชื่อ วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม ประเพณี ตลอดจนการเลี้ยงดู มโนทัศน์ในเรื่องเดียวกันบุคคลแต่ละบุคคลนั้นอาจมีแตกต่างกันออกไป เช่น เสรีภาพ อิสรภาพ ความดีงามความเท่าเทียม ความยุติธรรม เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 แบ่งเป็น 3 ข้อ โดยใช้เกณฑ์เป็นตัวกำหนดลักษณะ ได้แก่

1. เชื่อมโยงเรื่องเดียวกัน (conjunctive concept) เป็นลักษณะที่บุคคลเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย เพราะมีลักษณะที่สำคัญเป็นชุดเดียว เช่น เก้าอี้ เป็นเฟอร์นิเจอร์ชนิดหนึ่งประกอบไปด้วยที่นั่ง ขา และพนักพิงมักมีที่พักแขนสำหรับคนนั่ง แม้เก้าอี้จะมีหลายชนิด แต่เก้าอี้ทุกชนิดต้องมีลักษณะที่สำคัญเหมือนกัน

2. แยกออกจากกัน (disjunctive concept) เป็นลักษณะที่มีความซับซ้อนเล็กน้อย บุคคลต้องเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆที่จะทำให้มีมโนทัศน์อย่างน้อย 2 เรื่อง เช่น พลเมืองเป็นสมาชิกในประเทศชาติ ที่มีมีความจงรักภักดี ต่อรัฐบาล และยอมให้รัฐบาลปกครอง

3. เกี่ยวข้องกันซึ่งกันและกัน (rational concept) เป็นลักษณะที่มีความซับซ้อนมากที่สุด บุคคลต้องเรียนรู้จากการเปรียบเทียบหรือการหาความสัมพันธ์ของ 2 สิ่งหรือ

เหตุการณ์ ยกตัวอย่างเช่น คำว่า มาก ที่พบได้ในประโยค ฝนตกมากของคนภาคใต้ อาจเป็นฝนตกน้อยสำหรับคนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กลุ่มที่ 3 แบ่งเป็น 3 ข้อ ตามวิธีเรียนรู้มโนทัศน์ของ Bruner ได้แก่ ข้อที่ 1 เรียนรู้โดยการทำ (enactive concept) ข้อที่ 2 เรียนรู้โดยการดูภาพหรือสร้างภาพในใจ (iconic concept) และข้อที่ 3 เรียนรู้จากสัญลักษณ์ (symbolic concept)

ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นมโนทัศน์ดังที่กล่าวมานั้นเป็นประเภทมโนทัศน์แบบทั่ว ๆ ไป สำหรับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้จำแนกประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ซันต์และโทรบริคจ์ (Sund and Trowbridge (1973: 17-18)) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ตามลักษณะเนื้อหาของ วิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) มโนทัศน์เกี่ยวที่เป็นรูปธรรม (concrete concepts) เป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม เช่น แม่เหล็ก หิน สารละลายคอลลอยด์ เป็นต้น

(2) มโนทัศน์เกี่ยวที่เป็นกระบวนการพลวัต (dynamic process concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ เกี่ยวกับกระบวนการที่มีการเคลื่อนไหว เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ กระบวนการออสโมซิส กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

จาคอบเซ็นและคณะ (Jacobsen et al. 1985:36) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) มโนทัศน์หลัก (Super-ordinate Concepts) คือ เป็นมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์แสดงลำดับที่สูงที่สุดของเรื่องนั้น เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก ซึ่งมโนทัศน์ประเภทนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยกัน

(2) มโนทัศน์ร่วม (Co-ordinate Concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน ซึ่งอาจมีบางส่วนที่มีความแตกต่างกัน แต่มีบางส่วนที่เหมือนกัน เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ ปีก ทั้ง 3 กลุ่ม ยังมีส่วนที่คล้ายกัน

(3) มโนทัศน์รอง (Sub-ordinate Concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์รองลงมา จากมโนทัศน์หลัก เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จัดอยู่ในลำดับย่อยของกลุ่มสัตว์ ดังนั้นสัตว์จึงเป็นมโนทัศน์รองของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

ลอว์สัน และคณะ (Lawson et al (2000)) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตผ่านการรับรู้และอธิบายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. มโนทัศน์ตามทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสังเกตได้จาก ประสาทสัมผัสได้โดยตรง แต่สามารถศึกษาได้จากทฤษฎีหรือแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์เสนอ เช่น มโนทัศน์ของอะตอม อิเล็กตรอน ทฤษฎีอะตอม รวมทั้งมโนทัศน์ของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอะตอมหรือโมเลกุล เช่น ทฤษฎีอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุล การแพร่ กระบวนการออกซิเดชัน เป็นต้น

2. มโนทัศน์บรรยาย (descriptive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุ หรือปรากฏการณ์ด้วยประสาทสัมผัสทั้งโดยตรงหลายๆครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะสำคัญร่วมกันสรุปเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น เช่น มโนทัศน์ รถยนต์ ถนน เก้าอี้ โต๊ะ การกิน รวมทั้งมโนทัศน์เกี่ยวกับตำแหน่ง เช่น ข้างใต้ ตรงไป ถัดไป เป็นต้น

3. มโนทัศน์สื่อกลาง (intermediate concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ไม่สามารถสามารถสังเกตได้โดยตรง เนื่องมาจากข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เวลา ลักษณะพื้นที่ เช่น มโนทัศน์ของการเกิดไดโนเสาร์ มโนทัศน์ของชั้นเปลือกโลก มโนทัศน์กระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ (2525: 140-143; อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 4) ได้แบ่ง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามลักษณะที่ใช้อธิบายวิทยาศาสตร์เป็น 3 ประเภท

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการจำแนกประเภท (Classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็น คำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติโดยรวม บุคคลนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ เช่น ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย กลีบเลี้ยง ฐานรองดอก

2. มโนทัศน์ตามทฤษฎี (Theoretical concepts) มโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์อธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้ทั้งหมดแต่มีหลักฐานเป็น เหตุผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง เช่น น้ำดีในลำไส้ช่วยย่อยไขมัน โปรตีนเป็นสารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ เป็นต้น

3. มโนทัศน์ในเชิงความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึง ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ที่บุคคลนำไปใช้ทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น อาหารให้ พลังงานทำให้ร่างกายอุ่น ของเหลวที่ได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เ

1.5 การจัดกลุ่มมโนทัศน์

จากการศึกษาเอกสารนักการศึกษาในต่างประเทศหลายท่านได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มมโนทัศน์ของนักเรียนไว้แตกต่างกัน สรุปได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

(1) การจัดรูปแบบมโนทัศน์แบบ 4 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Marek, Eubanks, และ Gallagher (1990) ดังในตาราง 1

ตาราง 1 การจัดกลุ่มมโนทัศน์แบบ 4 กลุ่ม

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้
1. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound understanding)	คำตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
2. มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding)	คำตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นบางส่วน
3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Limited understanding)	คำตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่ามีบางองค์ประกอบที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและบางองค์ประกอบที่มีมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
4. มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง (Misunderstanding)	คำตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ

ที่มา: ปรับจาก Marek และคนอื่น ๆ (1990)

(2) การจัดรูปแบบมโนทัศน์แบบ 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Haidar (1997) ดังตาราง 2

ตาราง 2 การจัดกลุ่มมโนทัศน์แบบ 5 กลุ่ม

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้
1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Sound understanding: SU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้
2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific misconception: PU & MU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
4. มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Specific misconception: MU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง
5.ไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (No understanding: NU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่ตอบคำถามหรือตอบทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

ที่มา: ปรับจาก Haidar (1997)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มมโนทัศน์ตามแนวคิดของ Haidar (1997) ซึ่งจัดกลุ่มมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม โดยมีการเพิ่มกลุ่มที่ไม่เข้าใจมโนทัศน์เข้ามา กล่าวคือ การที่นักเรียนตอบคำถามว่าไม่ทราบ ไม่ตอบคำถาม หรือทวนคำถามนั้นหมายความว่านักเรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้นๆ ซึ่งถ้าเป็นการประเมินในรูปของมโนทัศน์ก็ควรจัดอยู่ในกลุ่มที่แยกออกจากกลุ่มที่มีมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง

1.6 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีความหมายตรงกับคำศัพท์ในภาษาอังกฤษคำว่าว่า “Misconception” นี้ยังมีคำอื่น ๆ ที่มีความหมายเช่นเดียวกัน ได้แก่ Erroneous idea, Alternative frameworks, Alternative conception, Preconception , Naive theory นักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้หลายท่าน โดย โอ ฟาร์แรล และแคททิ แอน (O’Farrell; & Cathy Ann. (1989 : 9)) และ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540 : 52) ให้ความหมายมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า เป็นความเข้าใจผิดเกี่ยวกับคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตหรือความสัมพันธ์ที่ขัดแย้งกับมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับ โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากแนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้ สอดคล้องกับ Bahar (2003, น. 56) ที่ได้อธิบายว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือ แนวคิดที่การตีความความหมายที่แปลกของนักเรียน โดย Gabel and Bunce (1994); อ้างอิงจาก Schmidt (1997 : 123) กล่าวว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าเป็นความคิดของนักเรียนที่แตกต่างจากมโนทัศน์อันเป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ สอดคล้องกับ Drive, R (1986); อ้างอิงจาก Aikenhead, Glen S. (1990) ให้ความหมายมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า แนวคิดหรือข้อสมมติฐานที่มีความเข้าใจผิด โดยได้รับมาก่อนการเรียนรู้ที่มีการ ฝังรากลึก นอกจากนี้ วันเดอร์ ซี (Wondersee,1986 : 581) กล่าวว่าความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นจากการให้ความหมายโดยที่ไม่ได้รับการยอมรับซึ่งบางครั้งความหมายนั้นอาจจะไม่ผิดแต่ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่เป้นที่ยอมรับ ซึ่งสอดคล้องกับฮอลลอน และ เฮสเทนส์ (Halloun and Hestenes , 1985 : 1058) กล่าวว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ การที่บุคคลมีความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของแต่ละบุคคลซึ่งไม่ตรงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ

จากข้อสรุปข้างต้นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์จึงหมายถึง ความคิดความเข้าใจของ นักเรียนที่แตกต่างไปจากแนวคิด กฎ หรือทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ

1.7 ประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

ประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท โดยใช้เกณฑ์ที่ทำการศึกษาคือจากการส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (National Research Council [NRC] (1997) ประกอบไปด้วย

1) อุปทาน (Preconceived notion) เป็นสิ่งที่พบได้ทั่วไปในประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์โดยมีอยู่ก่อนจะเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ ตัวอย่างเช่น มนุษย์ก่อน

จะเรียนรู้เกี่ยวกับการไหลของธารน้ำจะสังเกตเห็นว่าน้ำที่ไหลบนผิวโลกมีการเคลื่อนที่ไหลเป็นลำธารน้ำ ซึ่งบุคคลจำนวนมากก็มีความเชื่อว่าน้ำใต้ดินก็ไหลเป็นธารน้ำเนื่องมาจากว่าน้ำบนผิวโลกไหลเป็นลำธารน้ำ ดังนั้นทำให้อุปทานส่งผลต่อมุมมองของผู้เรียนในการสร้างมโนทัศน์ในบทเรียนเรื่องอิทธิพลของความร้อน พลังงาน และแรงโน้มถ่วงของโลกที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ด้วย

2) ความเชื่อที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Nonscientific belief) รวมถึงมโนทัศน์ที่บุคคลได้จากแหล่งเรียนเรียนรู้อื่น เช่น การสอนทางศาสนา การสอนเกี่ยวกับนิยายหรือตำนานโบราณ ซึ่งไม่ใช่แหล่งเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ประวัติโดยย่อของโลกและการกำเนิดชีวิตบนโลกจากการสอนวิชาศาสนา ความแตกต่างระหว่างความเชื่อกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องทำให้เกิดข้อขัดแย้งในการจัดการเรียนรการสอนวิทยาศาสตร์ ดังเช่น สาเหตุที่ทำให้สัตว์หลากหลายสายพันธุ์สูญพันธุ์เนื่องจากการเกิดน้ำท่วมใหญ่ดังที่กล่าวไว้ในพระคัมภีร์ ไบเบิล

3) ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ (Conceptual misunderstanding) เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่นักเรียนได้รับมาโดยที่ไม่ได้ทำให้นักเรียนเกิดข้อขัดแย้งที่เป็นผลจากอุปทาน (Preconceived notions) และความเชื่อที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Nonscientific beliefs) การจัดการกับความสับสน จะส่งผลทำให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองที่ผิดจากความรู้ที่เป็นจริงเป็นความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะไม่มีน้ำหนักและทำให้เกิดความไม่มั่นใจในมโนทัศน์นั้น ๆ เช่น นักเรียนอาจจะมีความเชื่อว่าวัตถุที่ลอยน้ำได้นั้นเป็นเพราะว่ามีน้ำหนักเบากว่าน้ำ

4) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากการใช้ภาษา (Vernacular misconception) เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเลือกใช้คำซึ่งมีความหมายอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวันแต่มีความหมายที่แตกต่างออกไปกับการนำไปใช้ในบริบทการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในวิชาธรณีวิทยาเป็นเรื่องยากสำหรับผู้เรียนในการจะเข้าใจว่า “ธารน้ำแข็งมีการถดถอยถอย” เนื่องจากมโนภาพในใจของผู้เรียนมองเห็นว่าธารน้ำแข็งมีการไหล การหมุน การหยุด แลเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม การใช้คำแทนที่คำว่า “การถดถอย” ด้วยคำว่า “การหลอมเหลม” จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับธารน้ำแข็งได้มากยิ่งขึ้น

5) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อเท็จจริง(Factual misconception) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นความเข้าใจผิดที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้องตั้งแต่ในวัยเด็กและไม่ได้รับการแก้ไขจนกระทั่งโตเป็นผู้ใหญ่ เช่น “ฟ้าจะไม่แลบซ้ำ 2 ครั้ง” ในบริเวณพื้นที่เดียวกัน ซึ่งเป็น

ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ผิด แต่ในความเป็นจริงความเข้าใจมโนทัศน์ที่ผิดดังกล่าวจะฝังรากลึกในมโนทัศน์ของบุคคลนั้นๆ

1.8 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ศิริเดช สุชีวะ (2538, น. 3 - 8) ได้อธิบายการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีหลายวิธี เช่น การวินิจฉัยด้วยการสังเกตและการสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล การวินิจฉัยจากการแสดงวิธีทำของนักเรียนในแบบฝึกหัดหรือแบบสอบอัตนัย การวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัย การวินิจฉัยด้วยดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบ และการวินิจฉัยด้วยวิธีการของทาทซูโอกะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยการสังเกตและการสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล ในระยะแรกคือการสังเกตและการสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล มีลักษณะแบบไม่เป็นทางการ ครูทำหน้าที่ในการสังเกตและสอบถาม พูดคุยกับนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งครูต้องมีทักษะการสังเกต และการตั้งคำถามเป็นอย่างดี เพื่อให้ทราบถึงความรู้ แนวการคิดของนักเรียนที่มีต่อประเด็นคำถาม และถ้าครูมีความชำนาญในเนื้อหาและการสอนแล้วนั้น จะเป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยในการวินิจฉัยมโนทัศน์มีความเที่ยงตรงสูง ข้อจำกัดของวิธีดังกล่าวจะใช้ได้ดีก็ต่อเมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก มีจำนวนไม่มาก เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่สังเกตและใกล้ชิดกับนักเรียน อีกทั้งยังมีระยะเวลาในการ วินิจฉัยค่อนข้างนาน ซึ่งสภาพการทำงานของครูในปัจจุบัน มีหน้าที่ความรับผิดชอบมากขึ้น ส่งผล ให้การนำวิธีดังกล่าวไปปฏิบัติมีข้อจำกัดหลาย ๆ ด้าน

(2) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการแสดงวิธีทำของนักเรียนในแบบฝึกหัด หรือในแบบสอบอัตนัย จุดเด่นที่สามารถใช้วินิจฉัยมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อน เช่น วิชาคณิตศาสตร์ มีรูปแบบที่ใช้แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบอัตนัยเพื่อให้นักเรียนแสดงวิธีทำผ่านกระบวนการคิดที่เขียนออกมาผ่านตัวอักษร ซึ่งครูสามารถอ่านและวิเคราะห์แนวคิด ความเข้าใจของ นักเรียนได้ ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ ครูที่ทำการสอนและวินิจฉัยมโนทัศน์ต้องมีความเชี่ยวชาญใน เนื้อหานั้นเป็นอย่างดี อีกทั้งกระบวนการวินิจฉัยมีระยะเวลาในการสอบ การตรวจที่ค่อนข้างมาก

(3) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยแบบสอบวินิจฉัย เป็นวิธีที่เป็นทางการและ ถูกนำมาใช้ในวงการศึกษาอย่างแพร่หลายเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้ตรวจสอบจุดอ่อน ข้อบกพร่อง และสาเหตุของจุดอ่อน เพื่อค้นหาว่านักเรียนมีจุดอ่อนเรื่องใดและมีสาเหตุมาจากจุดใด โดยแบบ สอบวินิจฉัย คือแบบทดสอบที่สร้าง

ขึ้นเพื่อใช้วิเคราะห์แนวคิดที่มีลักษณะคลาดเคลื่อนไปจาก ข้อเท็จจริง สามารถใช้วิเคราะห์จุดอ่อนหรือจุดด้อยของนักเรียนในทางวิชาการและทางด้านจิตใจ

(4) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบ เป็นดัชนีที่นักวัดผลให้ความสนใจในการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจาก แบบแผนคะแนนการตอบ ที่ออกมาในรูปของการพัฒนาดัชนีความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบจากการเทียบแบบแผนคะแนนการตอบที่มีลักษณะเป็นกัตแมนสมบูรณ์(Perfect guttman) โดยข้อจำกัดของวิธีนี้ คือค่าดัชนีจะสามารถแปลความหมายได้เพียงว่าแบบแผนคะแนนของการตอบนั้นผิดปกติหรือไม่ แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าความผิดปกตินั้นเป็นผลมาจากแนวคิดใด กล่าวคือบางชี้ได้ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่ไม่สามารถบ่งชี้ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นเป็นแบบใด

(5) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทซูโอกะ เป็นวิธีที่ทาทซูโอกะ และคณะ ได้พัฒนาการตรวจสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดการประเมินกฎ ที่ เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบแนวคิดที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นสร้างแบบทดสอบให้ ครอบคลุมจุดประสงค์ และคำนวณคำตอบด้วยการคิดที่ผิดทีละแบบ

จากการศึกษาการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสรุปได้ว่า การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สามารถแบ่งออกเป็น 5 วิธีการ ได้แก่ 1) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยการสังเกตและการ สอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล 2) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการแสดงวิธีทำของ นักเรียนในแบบฝึกหัดหรือในแบบสอบอัตนัย 3) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยแบบสอบ วินิจฉัย 4) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการ ตอบ และ 5) การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทซูโอกะ โดยการวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการแสดงวิธีทำของนักเรียนในแบบฝึกหัดหรือในแบบสอบอัตนัยเป็น วิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการวินิจฉัยมาที่สุด

2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivist theory)

ชนาธิป พรกุล (2557, 72) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของ Piaget (1966) และ Vygotsky (1986) กล่าวถึงการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสร้างความรู้หลังจากได้รับประสบการณ์ใหม่ๆ โดยการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยตรง ผู้เรียนจะสร้างความรู้ด้วยการมีส่วนร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่า ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจท่องแท้ เมื่อรู้จักสิ่งนั้น

ด้วยตนเองอย่าตื่นตัว ผู้เรียนจะเกิดการจัดกระทำกับความรู้ใหม่ด้วยความรู้ที่มีอยู่ โดยถ้าความรู้ใหม่ไม่เกี่ยวข้องกับกับความรู้เดิม ผู้เรียนจะเกิดความขัดแย้งในใจ และจะต้องหาทางแก้ไข

Steffe และ Gale (1995) กล่าวว่า แนวคิดสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้และมีความแตกต่าง 3 แนว คิด ได้แก่

(1) Exogenous constructivism แนวคิดนี้ความรู้เป็นสิ่งที่มีอยู่ในโลก การสร้างความรู้นั้นเป็นการสร้างสิ่งที่มีอยู่ในโลกอีกครั้ง ด้วยการสอน การให้ประสบการณ์ ความรู้ที่ถูกต้องตรงกับความจริงที่มีอยู่ในโลก

(2) Endogenous constructivism แนวคิดนี้การสร้างความรู้ไม่ได้เกิดจากการสอนประสบการณ์หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลในสิ่งแวดล้อมโดยตรง แต่ความรู้พัฒนาผ่านกิจกรรมทางปัญญาที่เป็นนามธรรม

(3) Dialectical constructivism แนวคิวนี้ต่างจาก 2 แนวคิดแรกที่คิดแตกต่างจากกัน ความรู้นี้ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลนั้น ๆกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเขาดัง

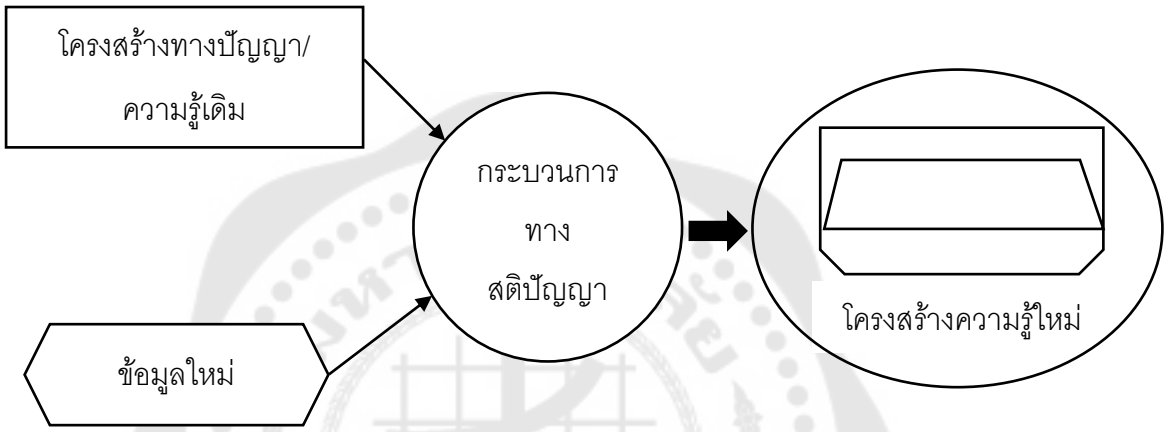
ชนาธิป พรกุล (2557, 73) กล่าวว่า ในการสร้างความรู้มีองค์ประกอบกอบที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ โครงสร้างทางปัญญา (schema) หรือความรู้เดิม กระบวนการทางปัญญา (cognitive process) ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 โครงสร้างทางปัญญา (schema) หรือความรู้เดิม เป็นที่เก็บข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกัน เกิดจากการนำข้อมูลที่มีจำนวนมากนำมาจัดระบบที่มี ความรู้เดิมจึงหมายถึง ลำดับขั้นตอนที่ถูกจัดระเบียบเป็นอย่างดีของมโนทัศน์ ทักษะ หรือเหตุการณ์ ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะใช้ความรู้เดิมขณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยความรู้เดิมช่วยให้เข้าใจข้อมูลหรือสถานะการณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้ยังช่วยในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ๆ เมื่อผู้เรียนได้รับข้อมูลจะมีการนำเข้าข้อมูลใหม่เข้าไปอยู่ในความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อน

องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการทางปัญญา(cognitive process) Piaget (1966) อธิบายว่า กระบวนการทางปัญญานั้นเป็นกระบวนการจัดกระทำข้อมูลในสมองของผู้เรียน เมื่อข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สมองเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงระบบภายในเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่าการปรับตัว(adaptation) ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดซึม (assimilation) เป็นการคัดกรองข้อมูลที่นำเข้าใหม่หรือความรู้ใหม่เข้าไปเก็บรวมรวมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ของนักเรียน และกระบวนการปรับสภาวะ(accommodation) เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนหรือเปลี่ยนแปลงของความเข้าใจที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับข้อมูลใหม่ ผู้เรียนจะใช้กระบวนการปรับสภาวะนี้เมื่อไม่สามารถใช้กระบวนการดูดซึมได้ เนื่องจากข้อมูลไม่มี

ความสัมพันธ์กับความรู้ที่มีอยู่เดิม จำเป็นต้องปรับความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ แล้วจึงจัดเป็นโครงสร้างทางปัญญา ดังนั้นการปรับตัวเป็นการสร้างสมดุลระหว่างกระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับสภาวะ

องค์ประกอบที่ 3 ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ เป็นสิ่งที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัว ทางการศึกษา หมายถึง หลักสูตรหรือเนื้อหาที่ครูนำมาสอนเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม



ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการสร้างความรู้

ที่มา ชนาธิป พรกุล (2557, น. 76)

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563, น. 35) กล่าวว่าการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้สามารถอธิบายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) ความรู้ถูกสร้างขึ้นจากผู้เรียน

(2) ความรู้เดิมของผู้เรียนมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

(3) ความรู้เดิมของผู้เรียนสามารถแสดงเป็นโครงสร้างของมโนทัศน์และสามารถจำลองโครงสร้างมโนทัศน์ออกมาเป็นรูปธรรมได้

(4) ผู้เรียนแต่ละคนมีโครงสร้างมโนทัศน์ที่เฉพาะแต่ละบุคคล

(5) ก่อนที่ผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งผู้เรียนมี “ความรู้เดิม” (prior knowledge) มาก่อน

(6) ความรู้เดิมของผู้เรียนนั้นอาจตรงกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ ซึ่งเรียนว่า “มโนทัศน์ทางเลือก” (alternative conceptions) ทั้งนี้เกิดจากการมีสังคมและวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน

(7) ผู้เรียนสร้างความรู้เดิมด้วยตนเองเพื่อเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ดังนั้นการเรียนรู้จึงเกิดการปรับเปลี่ยน (modification) ความรู้เดิมของผู้เรียนให้สอดคล้องหรือสัมพันธ์กับความรู้ใหม่

(8) หากต้องการให้การสอนมีประสิทธิภาพ ต้องนำความรู้เดิมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งหรือพิจารณาในกระบวนการจัดการเรียนรู้

(9) การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคมและเป็นการทำความข้าใจประสบการณ์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ โดยผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวและแสวงหาเพื่ออธิบายสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านั้น

จากการศึกษาทฤษฎีการสร้างความรู้สรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้อธิบายว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ผู้เรียนมีความรู้เดิมมาก่อนและการเรียนรู้เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีเมื่อลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้รับประสบการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงความรู้เดิมและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน ครู ผู้ปกครอง การจัดการเรียนรู้จึงเป็นการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์จากความรู้เดิมของผู้เรียนให้เป็นมโนทัศน์ที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

2.2 เงื่อนไขเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

Thomas (1970) ได้กล่าวว่า ความเชื่อหรือกระบวนทัศน์เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หากมีการค้นพบใหม่เกิดขึ้น เรียกว่า paradigm shift ซึ่งมโนทัศน์(concept) เป็นส่วนหนึ่งที่ฝังอยู่ในกระบวนทัศน์ เมื่อกระบวนทัศน์เปลี่ยน มโนทัศน์ก็เปลี่ยนเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ (Piaget, 1966) กล่าวว่า กระบวนการทางปัญญาเป็นการจัดกระทำกับข้อมูลในสมองของผู้เรียน เมื่อข้อมูลขากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สมองเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบภายในเพื่อทำความเข้าใจหรือทำให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เรียกว่าการปรับตัว(adaptation) ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดซึม (assimilation) เป็นการคัดกรองข้อมูลใหม่หรือความรู้ใหม่เข้าไปเก็บรวมรวมกับความรู้เดิมที่มีอยู่และกระบวนการปรับสภาวะ(accommodation) ซึ่งจะเป็นการปรับเปลี่ยนหรือเปลี่ยนแปลงของความเข้าใจที่มีอยู่เดิมเข้ากับข้อมูลใหม่ ผู้เรียนใช้กระบวนการปรับสภาวะเมื่อไม่สามารถใช้กระบวนการดูดซึมได้เนื่องจากข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิม จำเป็นต้องปรับความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ แล้วจึงจัดเป็นโครงสร้างทางปัญญา การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างทางปัญญา (Accommodation)

โดย Posner และคนอื่น ๆ (1982) กล่าวว่า กระบวนการดูดซึมจะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ใหม่สอดคล้องและไม่ขัดแย้งความรู้เดิม แต่ถ้าความรู้ใหม่ไม่สามารถดูดซึมได้จากการใช้ความรู้เดิมจะเกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ที่จะทำให้เข้าใจความรู้ใหม่

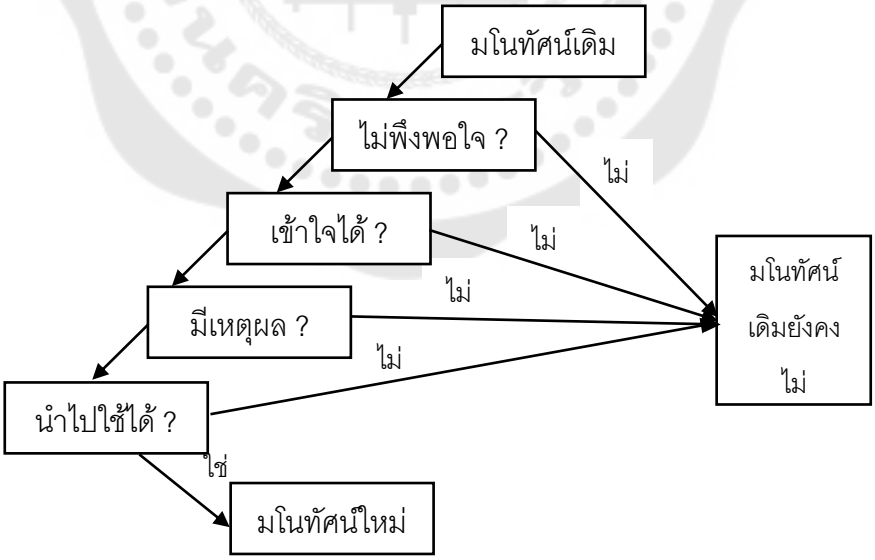
ได้ตามคำนิยามของ โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (conceptual change) เงื่อนไข 4 ดังนี้

1) ความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ (Dissatisfaction) ก่อนปรับโครงสร้างทางปัญญาจะเกิดขึ้นแต่ละบุคคลจะเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก็ต่อเมื่อผู้เรียนมองว่ามโนทัศน์เดิมของตนไม่ก่อประโยชน์แล้ว นั่นคือมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนไม่สามารถที่จะนำไปแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ตนเองเคยเข้าใจได้แล้ว

2) มโนทัศน์ใหม่สามารถเข้าใจได้ (Intelligible) การทำความเข้าใจกับประสบการณ์ใหม่ที่พบเจอโดยใช้มโนทัศน์ใหม่ แต่ละบุคคลต้องมองว่ามโนทัศน์ทำให้เกิดประสบการณ์เพียงพอที่จะอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ตนเข้าใจมโนทัศน์ใหม่ได้มากขึ้น

3) มโนทัศน์ใหม่จะต้องปรากฏความน่าเชื่อถือหรือมีเหตุผล (Plausible) มโนทัศน์ใหม่ต่าง ๆที่ นำมาใช้นั้น อย่างน้อยที่สุดต้องปรากฏสิ่งที่สามารถแก้ปัญหาที่ถูกสร้างขึ้นโดยแต่ละบุคคลมองเห็นว่ามโนทัศน์ใหม่นั้นสามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ มิฉะนั้นมโนทัศน์ใหม่จะไม่มีความน่าเชื่อถือ

4) มโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์หรือนำไปใช้ในบริบทใหม่ (Fruitful) เมื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้กับสถานการณ์อื่นหรือขอบเขตอื่น มโนทัศน์ใหม่ควรจะมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการขยายขอบเขต แล้วพบว่าสามารถนำไปใช้ดี



ภาพประกอบ 4 กระบวนการเปลี่ยนมโนทัศน์ตามแนวคิดของโพสเนอร์

ที่มา: Posner และคนอื่น ๆ (1982)

นอกจากนี้ Posner และคนอื่น ๆ (1982) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จะเกิดขึ้นหรือไม่นั้นขึ้นกับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ สภาวะของมโนทัศน์ (conceptual status) หมายถึง ระดับที่แสดงว่าเงื่อนไขมดนทัศน์มีมากน้องเพียงใด ถ้ามโนทัศน์ของผู้เรียนสามารถไปสู่เงื่อนไขที่สูงขึ้น สภาวะมโนทัศน์ก็จะสูงขึ้น มโนทัศน์ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเงื่อนไขแรกที่จำเป็นที่สุดในการยกระดับมโนทัศน์ใหม่ ถ้าผู้เรียนมองเห็นว่ามโนทัศน์ใหม่ขัดแย้งกับมโนทัศน์เดิม อาจจะไม่เกิดการยอมรับมโนทัศน์นั้นจนกว่ามโนทัศน์เดิมจะลดสภาวะลง โดยผู้เรียนต้องไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์เดิมของตน

และนิเวศวิทยาของมโนทัศน์ (conceptual ecology) หมายถึงความรู้และความเชื่อบริบทอื่น ๆ ที่มีบทบาทสำคัญต่อสภาวะของมโนทัศน์ ซึ่งจะทำให้รู้ว่าผู้เรียนแต่ละบุคคลเรียนรู้เป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่

Hewson และ Hewson (1989) และ Hewson (1996) ขยายรูปแบบเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของ Posner และคนอื่น ๆ (1982) โดยเสนอรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ว่ามี 2 องค์ประกอบ ได้แก่ เงื่อนไขและนิเวศวิทยาของมโนทัศน์ สำหรับเงื่อนไขนั้นเป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้เผชิญกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และนิเวศวิทยาของมโนทัศน์เป็นการจัดบริบทให้กับผู้เรียนเพื่อให้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เกิดขึ้น ตัวอย่างนิเวศวิทยา เช่น เวลา ความสอดคล้อง โดย Hewson และ Hewson (1989) และ Hewson (1996) เสนอเงื่อนไข 3 ข้อดังนี้

(1) ผู้เรียนเข้าใจได้หรือไม่ ผู้เรียนเข้าใจความหมายหรือไม่ ผู้เรียนสามารถหาวิธีนำเสนอหรือแสดงมโนทัศน์ของตนเองได้หรือไม่

(2) ผู้เรียนเห็นว่ามีเหตุผลหรือไม่ ถ้าแนวคิดนั้นเข้าใจได้ ผู้เรียนเห็นหรือไม่ว่าสิ่งนั้นเป็นจริง มโนทัศน์นั้นสอดคล้องหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ ที่ผู้เรียนมีมาแล้วหรือไม่

(3) ผู้เรียนเห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่ ถ้ามโนทัศน์นั้นมีเหตุผล แล้วมโนทัศน์นั้น มีคุณค่ากับผู้เรียนหรือใหม่ มโนทัศน์นั้นสามา รถแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่ มโนทัศน์นั้นสามารถชี้แนะถึงความเป็นไปได้ ทิศทางและความคิดใหม่ได้หรือไม่

จากเงื่อนไขที่กล่าวมา การเรียนรู้นั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องพิจารณาที่สภาวะ (status) โดยสภาวะจะช่วยทำให้ผู้สอนสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของมโนทัศน์ของผู้เรียนได้ในขณะที่ผู้เรียนกำลังเรียนรู้ การแข่งขันระว่างมโนทัศน์หลายมโนทัศน์ หากมโนทัศน์ใหม่เข้ามาแต่ไม่ขัดแย้งกับมโนทัศน์เดิมจะทำให้มโนทัศน์ใหม่ถูกดูดซึมไปในความรู้เดิม เรียกว่า การเข้ายึดมโนทัศน์ (conceptual capture) แต่กรณีที่เกิดการขัดแย้งกันระหว่างมโนทัศน์เกิดขึ้นจะทำให้เกิด 2 กรณี คือ กรณีแรก ถ้ามโนทัศน์ใหม่มีสภาวะที่สูงกว่ามโนทัศน์เดิม จะเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา

เรียกว่า การแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ (conceptual exchange) ในกรณีที่ 2 ถ้ามโนทัศน์เดิมอยู่ในสภาวะสูงกว่าจะไม่เกิดการแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ (conceptual exchange) ขึ้น

Duit และ Treagust (2003) เสนอว่า การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ควรมีมุมมองอื่น มีรายละเอียด ดังนี้

(1) การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามมุมมองของภววิทยา(ontological perspective) โดยแบ่งมโนทัศน์ที่อยู่ในธรรมชาติของโลกด้วยความเป็นจริง ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

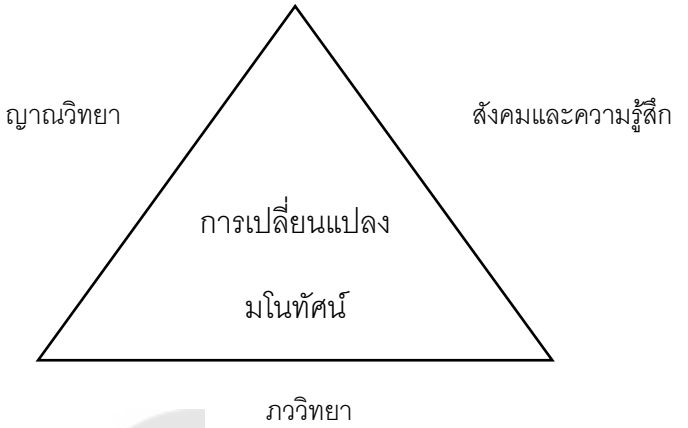
- สสาร (matter) เช่น ทองคำ น้ำ ทองเหลือง ทองแดง เกลือแกง
- กระบวนการ(process) เช่น การสังเคราะห์สารเคมี ปฏิกิริยาเคมี
- สภาวะทางความคิด (mental status) เช่น ความตั้งใจ อารมณ์

เมื่อนำภววิทยามาอธิบายความเชื่อของผู้เรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของเหตุการณ์ต่าง ๆ จะทำให้มองเห็นว่าผู้เรียนมองเห็นเหตุการณ์อย่างไร เช่น ผู้เรียนอาจจำแนกระหว่างการอยู่กับที่กับการเคลื่อนที่ เหตุและผล การแยกส่วนกับความต่อเนื่อง ถ้าผู้เรียนจัดวัตถุและเหตุการณ์ไว้ในประเภทที่ไม่เหมาะสม ผู้เรียนก็เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนขึ้นได้ เช่น ผู้เรียนจัดความร้อน แสง กระแสไฟฟ้า ไว้ในสสาร ดังนั้นในกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก็ควรเปลี่ยนประเภทมโนทัศน์ของผู้เรียนจากสสารเป็นกระบวนการ เป็นต้น

(2) การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามมุมมองของญาณวิทยา(epistemological perspective) ญาณวิทยาเป็นการศึกษาว่าผู้เรียนมองเกี่ยวกับความรู้ของตนเองเป็นอย่างไร ผู้เรียนมีทฤษฎีมากกว่า 1 ทฤษฎี การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ในมุมมองของนี้เริ่มต้นจาก Posner และคนอื่น ๆ (1982)

(3) การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จามมุมมองเชิงสังคมและความรู้สึก (social/effective perspective) มุมมองนี้เน้นอิทธิพลด้านสังคม ห้องเรียน บริบท และด้านความรู้สึกเน้นจุดมุ่งหมาย ความตั้งใจ ความคาดหวัง ความต้องการ สอดคล้องกับ (Printrich และ De Groot, 1990) ได้ศึกษาการใช้อุปมาอุปไมยของผู้เรียนและพบว่าอุปมาอุปไมยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของผู้เรียน การอุปมาอุปไมยเป็นส่วนหนึ่งของด้านสังคมและความรู้สึกเนื่องจากเป็นจินตนาการของผู้เรียนหรือความรู้สึกของผู้เรียนต่อปรากฏการณ์นั้น ๆ

ทั้งนี้ Duit และ Treagust (2003) กล่าวว่า ทั้ง 3 มุมมองควรนำมาใช้ในลักษณะร่วมกันโดยมองว่าการเปลี่ยนแปลงมดนทัศน์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างเป็นพลวัต และทั้ง 3 มุมมองมีความเกี่ยวเนื่องกัน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 มุมมองการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามแนวคิดของ Duit และ Treagust

ที่มา: Duit และ Treagust (2003)

โดยสรุปการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้นั้นมีรากฐานจากแนวคิดของ Posner และคนอื่น ๆ (1982) ประกอบไปด้วยเงื่อนไข 4 เงื่อนไข ได้แก่ ความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ (Dissatisfaction) นั่นคือมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนไม่สามารถที่จะนำไปแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ตนเองเคยเข้าใจได้แล้ว โดยมโนทัศน์ใหม่สามารถเข้าใจได้ (Intelligible) มโนทัศน์ทำให้เกิดประสบการณ์เพียงพอที่จะอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ตนเข้าใจมโนทัศน์ใหม่ได้มากขึ้น ซึ่งมโนทัศน์ใหม่จะต้องปรากฏความน่าเชื่อถือหรือมีเหตุผล (Plausible) อย่างน้อยที่สุดต้องปรากฏสิ่งที่สามารถแก้ปัญหาที่ถูกสร้างขึ้น และมโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์หรือนำไปใช้ในบริบทใหม่ (Fruitful) เมื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้กับสถานการณ์อื่นหรือขอบเขตอื่น มโนทัศน์ใหม่ควรจะมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการขยายขอบเขต แล้วพบว่าสามารถนำไปใช้ดี ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ขึ้นอยู่กับสภาวะของมโนทัศน์(conceptual status) และนิเวศวิทยาของมโนทัศน์(conceptual ecology) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ไม่ควรจำกัดอยู่เฉพาะในเรื่องของมโนทัศน์ตอามกรอบแนวคิดญาณวิทยา แต่ควรมองถึงภววิทยาและมิติทางสังคมและความรู้สึก

2.3 รูปแบบการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

Kural และ Kocakülah (2016) ได้เสนอรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ Teaching Model for Hot Conceptual Change: TMHCC) ประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ดังตาราง 3

ตาราง 3 ขั้นตอนการสอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนของ TMHCC

ขั้นตอนของ TMHCC	สิ่งที่จะได้เรียนรู้	ขั้นการสอน
ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ (Motivating Students to Learning Context)	นักเรียนได้ทราบถึงบริบทของของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ที่สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	สิ่งที่จะได้เรียนรู้ (What to learn?)
ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน(Eliciting students' ideas and preconceptions)	การสำรวจความรู้และมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนผ่านการใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อให้เกิดการปรับนิเวศทางการคิด	การครุ่นคิดกับคำถาม (Pondering Questions)
ขั้นที่3 การแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้ (Overview which conception / knowledge will conflict with the discrepant event)	การสรุปความรู้ในภาพรวมและนำเสนอมโนทัศน์ และวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์ใดจำเป็นต่อการสร้างมโนทัศน์ใหม่ให้ถูกต้องหรือไม่	การตรวจสอบความรู้และ มโนทัศน์เดิมของนักเรียน (Let's examine the preconceptions)
ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Creating cognitive conflict)	การนำเสนอเหตุการณ์ที่สร้างความขัดแย้งทางปัญญาของนักเรียน กระตุ้นนักเรียนให้เกิดความไม่พึงพอใจในมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้อง	ภารกิจวิทยาศาสตร์ (Mission science)

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนของ TMHCC	สิ่งที่จะได้เรียนรู้	ขั้นการสอน
ขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง (Group work / argumentation)	การให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อนำไปสู่การโต้แย้งมโนทัศน์ในชั้นเรียน สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์เกิดขึ้นซึ่งผลให้ขัดแย้งกับความรู้และมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน	
นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Introducing scientific concept)	กระบวนการคิดและอภิปรายความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์เดิมกับมโนทัศน์ใหม่ที่เกิดขึ้นและประเมินความเข้าใจและความน่าเชื่อถือของมโนทัศน์ใหม่ รวมทั้งการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้	แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Let's introduce with scientific concept)
ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน(Transferring new concepts to different problems)	การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและประยุกต์ใช้	แก้ไขปัญหา (Let's solve a problem)
ขั้นที่ 8 การประเมินผล (Evaluation)	การประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นโดยใช้การตั้งคำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก่อนเรียนกับหลังเรียน	การประเมินผล (Evaluation)

ที่มา: ปรับจาก Kural และ Kocakülah (2016)

ตัวอย่าง บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นการสอนของ TMHCC ดังตาราง 4

ตาราง 4 บทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของ TMHCC

ขั้นการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	ตัวอย่างกิจกรรม
สิ่งที่จะได้เรียนรู้ (What to learn?)	- ครูนำเสนอสิ่งเร้าและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในบริบทการเรียนรู้ - นำเสนอจุดประสงค์ของบทเรียนที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	- ตอบคำถามจากสิ่งเร้าที่ครูนำเสนอ	ครูระบุเป้าหมายในการเรียนบทเรียน เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เช่น 1) จุดมุ่งหมายของการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง ฟิสิกส์ควอนตัมพื้นฐาน 2) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยลักษณะของฟิสิกส์ควอนตัม 3) นักเรียนจะได้เรียนรู้วิธีการใช้โฟโตเซลล์ 4) นักเรียนจะได้เรียนรู้กลไกการทำงานของประตูอัตโนมัติที่ใช้ในร้านค้า

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	ตัวอย่างกิจกรรม
ครุ่นคิดเกี่ยวกับคำถาม (Pondering Questions)	- ครูถามคำถามเพื่อท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition)	- นักเรียนการตอบคำถามด้วยความเข้าใจ ตรวจสอบความเข้าใจของตนโดยประเมินความน่าเชื่อถือของคำตอบ	ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดครุ่นคิดเกี่ยวกับคำถาม เช่น 1) ถ้าทำการเปลี่ยนสีของแสงไฟ ค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ 2) ถ้าทำการเปลี่ยนความเข้มของแสงค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ 3) ถ้าย้ายแหล่งกำเนิดแสงให้ผ่านเอกสารประกอบการเรียนค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ 4) ค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนได้หรือไม่ ถ้าเปลี่ยนชนิดของโลหะที่นำมาเป็นขั้วไฟฟ้า

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	ตัวอย่างกิจกรรม
ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (Let's examine the preconceptions)	- สรุปข้อความมโนทัศน์ที่ ขัดแย้งกับเหตุการณ์เพื่อให้ นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ข้อความ - ถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของ โดยตั้งคำถามจากสรุปข้อความมโนทัศน์ข้างต้น	- ตอบคำถามเพื่อแสดงความรู้และมโนทัศน์เดิมของตน	ครูถามคำถามตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เช่น 1) ขั้วไฟฟ้าเป็นลบได้อย่างไร 2) ปัจจัยใดบ้างที่สามารถเพิ่มหรือเปลี่ยนค่าของขั้วไฟฟ้าได้ 3) เมื่อแผ่นโลหะของขั้วไฟฟ้าถูกเปิดนั้นหมายถึงอะไร 4) สามารถทำให้ขั้วไฟฟ้าเป็นกลางได้อย่างไร

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	ตัวอย่างกิจกรรม
ภารกิจวิทยาศาสตร์ (Mission science)	- นำเสนอเหตุการณ์หรือสิ่งทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา พร้อมตั้งคำถาม	- ตอบคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอภายในกลุ่ม	ครูให้นักเรียนดูวิดีทัศน์ 1) ระบุปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิด ความไม่พึงพอใจกับความรู้เดิม 2) อธิบายวิธีการทดลองภายในกลุ่ม
	- ครูให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสังเกตและอธิบายเหตุการณ์ที่ครูนำเสนอ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา - ระบุประเด็นจากเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอเพื่อให้นักเรียนโต้แย้งกัน	- โต้แย้งเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอ - สรุปข้อความรู้ที่ได้จากการตอบคำถามและการโต้แย้ง	นักเรียนตอบคำถามต่อเนื่องในขณะที่กำลังศึกษาโจทย์หรือเหตุการณ์ในกิจกรรมที่ครูกำหนด ตัวอย่างคำถาม 1) คำอธิบายของนักเรียนสามารถเข้าใจได้หรือไม่ 2) นักเรียนมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนคำอธิบายหรือไม่ 3) นักเรียนเข้าใจหลักฐานที่ปรากฏเพียงพอหรือไม่ 4) นักเรียนเข้าใจวัตถุประสงค์ขอหลักฐานที่ปรากฏหรือไม่

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	ตัวอย่างกิจกรรม
แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง (Let's introduce with scientific concept)	- ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่ การสรุปข้อความรู้และตรวจสอบมโนทัศน์เดิมและมโนทัศน์ที่ได้จากการสังเคราะห์คำตอบของกลุ่ม นักเรียน - นำเสนอมโนทัศน์ใหม่ที่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	- ตอบคำถามเพื่อทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่มและเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง	การสรุปมโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกโดยการถามคำถาม เช่น 1) การเพิ่มความเข้มแสงไม่ส่งผลต่อการปล่อยของอิเล็กตรอนจากโลหะ เพราะเหตุใด 2) ปัจจัยใดที่ฟิสิกส์แบบดั้งเดิมไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้
แก้ไขปัญหา (Let's solve a problem)	- เสนอโจทย์ปัญหาใหม่เพื่อให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ใหม่ในสถานการณ์ดังกล่าว - ระบุประโยชน์และคุณค่าของมโนทัศน์ใหม่ที่ได้เรียนรู้	- แก้โจทย์ปัญหาที่ครูกำหนดให้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง	ครูให้นักเรียนวาดกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจรของโฟโตเซลล์ โดยใช้สถานการณ์จำลองเหมือนกันจากนั้นนักเรียนใช้ความรู้ที่ได้ในการแก้ปัญหาในส่วนอื่น “ปัจจัยใดที่มีผลทำให้ในวงจรมกระแสไฟฟ้าสูงสุด” หรือ “ปัจจัยใดที่ทำให้หยุดความต่างศักย์ในวงจร”

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	ตัวอย่างกิจกรรม
การประเมินผล (Evaluation)	- ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนระบุมโนทัศน์ที่มีอยู่ก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้ และมโนทัศน์หลังเรียนด้วย TMHCC - ใช้คำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า 1) นักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์หรือไม่ 2) ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์สาเหตุใดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์	- พิจารณาว่าตนเองเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หรือไม่ - ระบุสิ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์	ครูถามคำถามกับนักเรียน เช่น 1) ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ขึ้นไหนของวิธีการสอนนี้ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลง 2) ปัจจัยใดที่ทำให้มโนทัศน์เดิมของนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายปัญหาได้

ที่มา: ปรับจาก Kural และ Kocakülah (2016)

โดยสรุปแบบรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อปรับเปลี่ยนมโนทัศน์จะมีขั้นตอนการ จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้แสดงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตนเอง จากนั้นจะมีการนำเสนอ สถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมกับสถานการณ์ที่ครูกำหนด และนำไปสู่ขั้นตอนการปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

3. มโนทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดย ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 295) และ พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543: 19) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาถึงความสามารถในการทำสิ่งหนึ่งได้จากที่นักเรียนไม่เคยทำหรือนักเรียนทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนรู้ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ผู้สอนสามารถวัดได้อาจซึ่งเป็นการทดสอบที่มุ่งทดสอบความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ของนักเรียนว่า หลังการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความรู้และความสามารถในที่สิ่งที่ได้เรียนมากน้อยเพียงใด พฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งสอดคล้องกับ จินตนา ช่วยด้วง (2547: 29) กล่าวไว้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเป็นความสามารถของผู้เรียนในการที่จะพยายามเข้าถึงความรู้ซึ่งเกิดจากการกระทำที่ประสานกันและอาศัยความพยายามอย่างมากทั้งที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญาและที่ไม่ใช่สติปัญญาให้แสดงออกในรูปของความสำเร็จซึ่งผู้สอนสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556: 166) กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นคุณลักษณะที่รวมถึงความรู้ความสามารถของผู้เรียนเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่ครูจัดขึ้นตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งหรือคือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง อาจเป็นความรู้หรือทักษะ โดยมากมักจะเน้นทักษะสมองหรือความคิด อันบ่งบอกถึงสภาพการเรียนรู้ที่ผ่านมา หรือสภาพการเรียนรู้ที่บุคคลนั้นได้รับ

จากการให้ความหมายเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเป็นพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปหลังจากได้รับการจัดการการเรียนรู้จากผู้สอนในเรื่องหนึ่งๆ เพื่อบ่งบอกถึงระดับความรู้ ทักษะและสมรรถภาพทางสมอง โดยการวัดพฤติกรรมเหล่านั้นจะวัดจากเครื่องมือวัดผลประเมินผลหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและประเมินผลเป็นกระบวนการที่เป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการศึกษาโดยปรากฏในแต่ละศาสตร์เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้

ความหมายของการวัดและประเมินผล ซึ่ง เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2556, 5-6) ได้กล่าวถึงความหมายของการวัด หมายถึงการกำหนดค่าหรือคุณลักษณะใดในสิ่งที่ต้องการวัด โดยมีกระบวนการเป็นขั้นตอนตามระเบียบของการวัด ที่ต้องอาศัยเครื่องมือวัดผลประเภทใดประเภทหนึ่ง เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยแบบทดสอบ การวัดความถนัดเชาวน์ปัญญาด้วยแบบวัดความถนัด การวัดความสูง การวัดทักษะการปฏิบัติหรือการเคลื่อนไหวร่างกาย เป็นต้น สอดคล้องกับ ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, 10) กล่าวถึงการวัดผลเป็นการวัดคุณลักษณะ การวัดผลเป็นการวัดคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ไม่ได้เป็นการวัดคุณลักษณะของคน สัตว์ สิ่งของเท่านั้น เช่น การวัดความกว้าง การวัดผลการเรียนรู้ การวัดเชาวน์ปัญญา การวัดความยาว การวัดความเร็ว เป็นต้น โดยในการวัดแต่ละครั้งต้องทราบถึงจุดมุ่งหมายในการวัดเพื่อจะได้เลือกใช้เครื่องมือในการวัดที่มีความเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด ว่าจะวัดคุณลักษณะใดจากสิ่งใด ใช้เครื่องมืออะไร หน่วยเป็นอะไร ทั้งนี้ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, 9)ได้กล่าวถึงความหมายของการวัด หมายถึง เป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้กับสิ่งที่ต้องการวัดตามเกณฑ์ กระบวนการวัดมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ 1) จุดมุ่งหมายของการวัด ในการวัดแต่ละครั้งต้องรู้ถึงจุดประสงค์ว่าต้องการวัดสิ่งใด วัดอะไร วัดในรูปแบบใดวัดเพื่ออะไรและวัดไปทำไม 2) เครื่องมือที่ใช้วัด ในการวัดแต่จะต้องอาศัยเครื่องมือเพื่อสามารถทราบถึงค่าในสิ่งที่ต้องการวัด โดยเครื่องมือที่วัดมีอย่างหลากหลาย เช่น แบบสังเกต แบบตรวจสอบ แบบสัมภาษณ์ แบบทดสอบ/แบบสอบ แบบสอบถาม มาตรประเมินค่า โดยเครื่องมือต้องมีหน่วยที่ใช้ในการวัดและมีมาตราเปรียบเทียบระหว่างหน่วย 3) การแปลผลและนำผลไปใช้ นำผลที่ได้จากการวัดมาประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดว่ามีผลอย่างไร และนำผลที่ได้จากการวัดไปใช้ให้เกิดประโยชน์ใดได้บ้าง

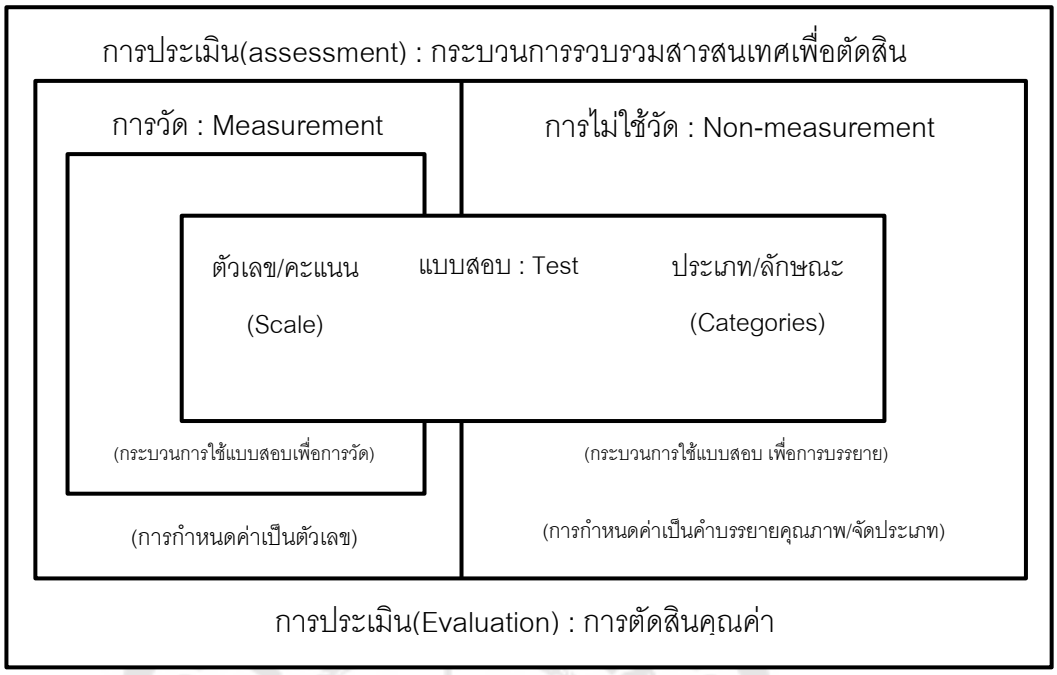
จากความหมายการวัดข้างต้นสรุปได้ว่าการวัด เป็นกระบวนการกำหนดค่าหรือคุณลักษณะสิ่งที่ต้องการวัดตามกฎเกณฑ์ โดยต้องมีจุดมุ่งหมายในการวัดให้แน่นอนเพื่อจะได้ทราบถึงจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด ว่าจะวัดอะไร วัดเพื่ออะไร ในสถานการณ์เช่นไรและวัดไปทำไม ทั้งนี้ในการวัดต้องอาศัยเครื่องมือที่ทำให้ค่าที่ได้จากการวัดสะท้อนถึงคุณลักษณะของสิ่งที่วัดได้อย่างแม่นยำ เช่น แบบทดสอบ แบบสังเกต มาตรประเมินค่า แบบสอบวินิจฉัย เป็นต้น

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2556, 9 - 10) ได้กล่าวถึงความหมายของการประเมิน หมายถึง การตัดสินผลของสิ่งต่าง ๆ จากการรวบรวมข้อมูลจากการวัดเพื่อช่วยให้มีการตัดสินได้หลายทาง เช่น สิ่งของนั้นมีความกว้างมากน้อยเพียงใด บุคคลนั้นมีบุคลิกภาพอย่างไรหรือจะเป็นผู้ที่ประสบความสำเร็จในอาชีพประเภทใดบ้าง สอดคล้องกับ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, 9)

ได้กล่าวถึงความหมายของการประเมิน หมายถึง เป็นกระบวนการตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดนำมาพิจารณาเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานเพื่อตัดสินผล โดยการประเมินประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ 1) ข้อมูลจากการวัด ข้อมูลที่ได้ต้องมีความถูกต้องและตรงตามสภาพคุณลักษณะจริงของสิ่งที่วัด 2) การตีความหมาย และ 3) การตัดสินคุณค่าตามเกณฑ์หรือมาตรฐาน นอกจากนี้การประเมินต้องอาศัยการสังเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อตัดสินคุณค่าของสิ่งนั้น

จากความหมายการประเมินข้างต้นสรุปได้ว่าการประเมิน เป็นกระบวนการตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ โดยการตัดสินคุณค่าต้องอาศัยสารสนเทศที่ได้จากการวัด และมานำประเมินค่าตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งถือว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดขึ้นเป็นหัวใจหลักของการตัดสินประเมินผล เพราะจะสามารถทำให้ระบุได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดนั้นอยู่ในระดับใดของเกณฑ์ที่กำหนด นั้นคือกระบวนการประเมินอย่างแท้จริง

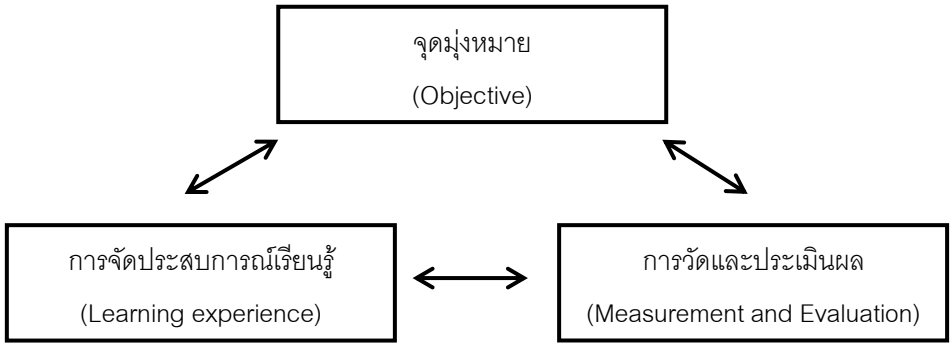
ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, 13)กล่าวว่า การวัดและการประเมินเป็นกระบวนการที่ตั้งอยู่บนหลักกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการกำหนดจุดมุ่งหมายในการวัด การออกแบบรูปแบบของการวัดและการประเมินตามระเบียบวิธีทางวิจัยและสถิติ ในส่วนภาคการศึกษาได้นำหลักการวัดและการประเมินมาใช้ในด้านจุดมุ่งหมายการเรียนการสอน พฤติกรรมพื้นฐานของนักเรียน การเลือกใช้วิธีสอนที่มีประสิทธิภาพ การสอบก่อนหลัง สอบเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ สอดคล้องกับ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, 10) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดและการประเมิน โดยการวัดและการประเมินเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน กล่าวคือ การประเมินจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการวัด ซึ่งอาจเป็นข้อมูลจากการวัดอย่างเป็นทางการ เช่น การสอบข้อเขียน การสอบภาคปฏิบัติ การสัมภาษณ์ การประเมินตามสภาพจริง การสัมภาษณ์กลุ่ม การทดสอบทักษะการปฏิบัติ เป็นต้น ส่วนการวัดอย่างไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกต การสอบถามจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง การคาดคะเนด้วยสายตา เป็นต้น ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดอย่างไม่เป็นทางการ มีโอกาสที่เพิ่มความผิดคลาดเคลื่อนในการประเมินด้วยนั้น ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบ การทดสอบ การวัดและการประเมิน

ที่มา: ศิริชัย กาญจนวาสี (2556)

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2555: 2) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดและการประเมินกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ว่า ในการจัดการเรียนรู้หรือการจัดประสบการณ์เรียนรู้นั้น ผู้สอนจะต้องยึดหลักสูตรเป็นสำคัญ เนื่องจากหลักสูตรเป็นสิ่งที่กำหนดทิศทางการสอน โดยให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมตามที่หลักสูตรได้กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายและมีการวัดและเมินผลการเรียนรู้ควบคู่กันไป ซึ่งสอดคล้องกับ โชติกา ภาษีผล และคณะ (2558: 6) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวัดและประเมินผลมีความสำคัญในการเรียนการสอน เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ต้องเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อพิจารณาจุดประสงค์ของหลักสูตรว่าต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้สิ่งใด และทำให้ครูกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ บ่งบอกถึงพฤติกรรมได้ครอบคลุมครบถ้วนตามกรอบของเนื้อหา เนื้อหาบทเรียนในการจัดการเรียนการสอนได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนการสอนที่สมบูรณ์จะดำเนินควบคู่ไปกับการวัดและประเมินผล เนื่องจากสามารถสะท้องผลที่เป็นผลการจากการเรียนการสอนได้ โดยช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาในส่วนที่ยังไม่บรรลุผล และช่วยให้ครูปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนการสอน จึงทำให้การวัดและประเมินผลให้ข้อมูลสารสนเทศที่เที่ยงตรง เชื่อถือได้เกี่ยวกับนักเรียนและกระบวนการทางการเรียนรู้ ดังมีความสัมพันธ์ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดและการประเมินกับกระบวนการจัดการเรียนรู้

ที่มา: อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล. (2555). เอกสารประกอบการสอนการวัดและประเมินผลการศึกษา. หน้า 2.

บลูม (Bloom. 1976) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสมองในส่วนของการเรียนรู้ และความคิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถทางปัญญา เช่น ความรู้ความเข้าใจ การวิเคราะห์การแก้ไขปัญหา การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ มโนทัศน์ การตัดสินผล ทักษะทางปัญญา การใช้เหตุผลเป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกขั้นตอนการเรียนรู้ได้เป็น 6 ขั้นตอน

1.1 ด้านความรู้ความจำ (knowledge) เป็นส่วนในการจดจำเหตุการณ์ เรื่องราวหรือระลึกสิ่งต่าง ๆ ที่ได้ผ่านไปแล้ว โดยนักเรียนสามารถจดจำสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้ไป

1.2 ความเข้าใจ (comprehension) เป็นส่วนในด้านการตีความ แปลความจากข้อมูลหนึ่ง ด้วยการสรุปเป็นมโนทัศน์โดยสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ

1.3 การนำไปใช้ (application) เป็นพฤติกรรมที่แสดถึงถึงส่วนในการเลือกใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาที่เผชิญ หรือในสถานการณ์ใหม่ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

1.4 การวิเคราะห์ (analysis) เป็นพฤติกรรมส่วนของการตีความ แยกแยะข้อมูล ส่วนประกอบออกเป็นส่วน ๆ เพื่อเห็นองค์ประกอบความสัมพันธ์กันของข้อมูลอย่างชัดเจน สามารถเปรียบเทียบอธิบายความแตกต่างได้

1.5 การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นพฤติกรรมส่วนการจัดรวมส่วนประกอบย่อย ๆ ข้อมูล แผนการ หรือหลักการต่าง ๆ นำมารวบสานเป็นความสัมพันธ์เดียวกันเพื่อให้เกิดเป็นรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างใหม่ต่างไปจากเดิม

1.6 การประเมินค่า (evaluation) เป็นพฤติกรรมส่วนกระบวนการพิจารณาตัดสินผลของสิ่งต่าง ๆ โดยเทียบกับเกณฑ์หรือหลักการตั้งอยู่บนหลักเหตุและผลที่มีมาตรฐานและเป็นกระบวนการตามหลักวิทยาศาสตร์

2. ด้านจิตพิสัย (Affective domain) เป็นเรื่องการรับรู้ทางจิตใจ เป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับด้านจิตใจ ด้านอารมณ์ เจตคติ ค่านิยม ความรู้สึก ด้านจิตพิสัยนี้แบ่งเป็นด้านย่อย ได้แก่ การรับรู้(receiving or attending) การตอบสนอง(responding) การสร้างคุณค่า(valuing) การจัดระบบคุณค่า(organization of a value) และการแสดงลักษณะตามค่านิยม (characterization by a value)

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นการเรียนรู้ด้านทักษะการปฏิบัติ ซึ่งเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อต่าง และส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ประสานการทำงานไปพร้อม ๆ กัน โดยในส่วนทักษะพิสัยจะทางานร่วมกับการเรียนรู้ในด้านอื่น ๆ เนื่องจากทักษะพิสัยเป็นการเรียนรู้ที่เกิดทักษะการปฏิบัติ สำหรับการจำแนกระดับการเรียนรู้ทางด้านทักษะการปฏิบัติไว้อย่างเป็นลำดับ จากง่ายจนไปถึงซับซ้อน โดยจำแนกเป็น ด้านย่อย ได้แก่ การทำเลียนแบบ (imitation) การทำตามแบบ(manipulation) การทำอย่างถูกต้อง(precision) การทำอย่างต่อเนื่อง (organization of a value) และการทำเองโดยธรรมชาติ(naturalization)

จากความสัมพันธ์ระหว่างการวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นกระบวนการวัดที่กำหนดค่าผลการเรียนที่ได้จากแบบทดสอบซึ่งใช่เป็นเครื่องมือในการวัด และคะแนนที่ได้จากการวัดจะถูกส่งต่อไปในขั้นตอนการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

3.3 เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2555: 45–50) กล่าวว่าเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้มีหลากหลายประเภท ในบางกรณีสามารถใช้เครื่องมือประเภทเดียวเพื่อประเมินการเรียนรู้ได้ แต่ในบางกรณีอาจต้องใช้เครื่องมือหลายประเภทผสมกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน ครูสามารถเลือกใช้เครื่องมือได้ให้สอดคล้องกับสถานการณ์และสิ่งแวดล้อมตามความเหมาะสม ได้แก่

1. แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการพูดคุยซักถามระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน เพื่อหาข้อเท็จจริงและการสัมภาษณ์เพื่อปรึกษาปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ต้องการ โดยสามารถสังเกตกริยาท่าทาง ลักษณะทางร่างกาย การแสดงพฤติกรรม ลักษณะการโต้ตอบ การสัมภาษณ์ที่ดีต้องมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนว่าผู้สอนต้องการได้ข้อมูลอะไร

2. แบบสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการสังเกตนักเรียนแต่ละคนหรือเป็นกลุ่มใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการสังเกตของครู การสังเกตนักเรียนทีละตนจะเป็นการสังเกตที่ให้ผลเชื่อถือได้แต่ถ้าจะให้เชื่อถือได้สูงควรมีผู้สังเกต 2 คน ต้องระบุพฤติกรรมที่สังเกตให้ชัดเจน จัดเวลาสังเกตให้เป็นระบบ สังเกตซ้ำ ๆ กันหลายช่วงเวลา สังเกตนักเรียนในช่วงเวลาเดียวกัน

3. แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นที่ให้ผู้ตอบเขียนตอบเองซึ่งมีหลายประเภท เช่น ให้ผู้ตอบทำเครื่องหมายเพื่อตอบ เขียนคำตอบสั้น ๆ หรือให้ทำเครื่องหมายเป็นมาตรประมาณค่า แบบทดสอบจึงต้องมีคำชี้แจงในประเด็นที่ต้องการเพื่อให้ผู้ตอบเข้าใจตรงกัน

4. แบบสำรวจรายการ เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง โดยทำเป็นรายการสำรวจเอาไว้ เมื่อเก็บข้อมูลก็ตรวจสอบไปทีละรายการว่ามีหรือไม่ นิยมใช้ประกอบการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสังเกตหรือการวัดทักษะการปฏิบัติ

5. แบบทดสอบ/แบบวัด เป็นเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยชุดข้อคำถาม ที่สร้างขึ้นให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมออกมาให้ครูสังเกตและวัดได้ ใช้ในวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยที่ซ่อนแฝงอยู่ในตัวบุคคลว่ามีความรู้หรือไม่เพียงใด รวมถึงด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย

จากการศึกษาเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าครูสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดจากเครื่องมือที่ใช้วัดที่หลากหลาย เช่น แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสำรวจรายการ และแบบทดสอบ/แบบวัด เป็นต้น โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานการณ์หรือสิ่งที่ต้องการวัดว่าจะใช้เครื่องมือวัดประเภทใดในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 **หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์นับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ครูใช้ในการประเมินพฤติกรรมหรือผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนอันเนื่องมากจากการจัดการเรียนการสอน ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะเป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของครู และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพมากยิ่งขึ้น โดยการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอน 9 ขั้น ดังนี้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2557: 97-98, อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล. 2555: 45)

1. การวิเคราะห์หลักสูตรและการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร การวางแผนการสร้างแบบทดสอบครูควรเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อให้เห็นจุดมุ่งหมายของหลักสูตรว่า

ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องใด มีจุดมุ่งหมายปลายทางของพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดอย่างไร นักเรียนที่ต้องการวัดคือระดับใด โดยนำมาสร้างเป็นตารางวิเคราะห์หลักสูตรสำหรับใช้ในการสร้างแบบทดสอบ โดยกำหนดสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สารระการเรียนรู้ ระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด

2. การกำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เป็นพฤติกรรมที่ครูคาดหวังให้นักเรียนเกิดหลังจากการจัดการเรียนการสอน โดยครูต้องกำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมไว้ล่วงหน้าก่อนจัดการเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบ

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อกำหนดชนิดของลักษณะข้อทดสอบ โดยต้องคำนึงถึงการเลือกแบบข้อสอบ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ ความยากง่ายของแบบทดสอบ และวิธีดาเนินการสอบ ผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องพิจารณาให้มีความเหมาะสมกับปัจจัยที่กำหนด

4. เขียนข้อสอบ ในการสร้างแบบทดสอบผู้สร้างจะต้องคำนึงถึงรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และสร้างข้อสอบให้มีจานวนมากกว่าที่ใช้จริงเพื่อพิจารณานำมาใช้เลือกเป็นแบบทดสอบจริงในการสอบ

5. การคัดเลือกข้อสอบ นำข้อสอบที่สร้างขึ้นมามาคัดเลือกเฉพาะข้อที่มีเนื้อหาและระดับพฤติกรรมตรงตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรได้กำหนดไว้ และมีคุณลักษณะที่ถูกต้องตามหลักการเขียนข้อสอบ

6. ตรวจทานข้อสอบ เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของข้อสอบให้ถูกต้องตามหลักการเขียนข้อสอบ และเป็นการลดความผิดพลาดของข้อสอบ ผู้สร้างต้องตรวจสอบข้อสอบเป็นรายข้อและตรวจสอบภาพรวบทั้งฉบับก่อนจัดพิมพ์

7. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อผู้สร้างตรวจสอบข้อสอบเสร็จ ก็นำมาจัดพิมพ์เพื่อนำข้อสอบฉบับทดลองไปทดลองใช้ต่อไป

8. ทดลองและวิเคราะห์ข้อสอบ เป็นขั้นตอนการนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างอื่นที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างมีต้องการทดสอบ โดยกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวต้องมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากและอำนาจจำแนก และนำมาปรับปรุงข้อสอบต่อไป ก่อนนำไปใช้จริง

9. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง ในการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างอื่นจะทำให้ทราบค่าความยากและอำนาจจำแนก ผู้สร้างต้องนำค่าดังกล่าวมาปรับปรุงและแก้ไขให้แบบทดสอบที่สร้างมาคุณภาพดี เหมาะสมพอที่นำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริง

จากหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอน 9 ขั้น ได้แก่ 1) การวิเคราะห์หลักสูตรและการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร 2) การกำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม 3) กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง 4) เขียนข้อสอบ 5) การคัดเลือกข้อสอบ 6) ตรวจทานข้อสอบ 7) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง 8) ทดลองและวิเคราะห์ข้อสอบ และ 9) จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

ในการวัดผลเพื่อให้ได้คะแนนที่มีความเชื่อถือได้นั้น เครื่องมือที่ใช้วัดต้องมีคุณภาพ ซึ่งคุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีสามารถสรุปได้ ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2556.)

1. แบบทดสอบที่ดีต้องมีความเชื่อมั่น (Reliability) ข้อสอบนั้นสามารถให้วัดได้ค่าที่แน่นอนไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ย่อมต้องได้ผลที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

2. แบบทดสอบที่ดีต้องมีความเที่ยงตรง (Validity) จัดว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องมือทั้งหลายจำเป็นต้องมี ทั้งนี้ความเที่ยงตรง เป็นคุณสมบัติที่จะทำให้ผู้วัดได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด สามารถแบ่งความเที่ยงตรงของแบบทดสอบออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง ความเที่ยงตรงตามสภาพ และความเที่ยงตรงตามพยากรณ์

3. แบบทดสอบที่ดีต้องมีความเป็นปรนัย (Objectivity) กล่าวคือ ผู้สอบเมื่ออ่านคำถามต้องมีความชัดเจน เข้าใจว่าคำถามต้องการถามเรื่องใด และในขณะเดียวกันผู้ตรวจจะต้องแปลความหมายคะแนนได้ตรงกัน

4. แบบทดสอบที่ดีต้องยากพอเหมาะ (Difficulty) เป็นคุณสมบัติที่บอกว่าแบบทดสอบฉบับนั้นมีความยาก ง่ายเพียงใด คะแนนที่เด็กสอบได้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของข้อสอบ

5. แบบทดสอบที่ดีต้องมีอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติที่จำแนกนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน สามารถจำแนกกลุ่มเด็กออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ เช่น จำแนกเด็กกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน แบ่งกันได้อย่างชัดเจน

จากคุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดควรมีความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรง มีลักษณะชัดเจนไม่คลุมเครือ โดยนักเรียนอ่านข้อคำถามสามารถตีความเป็นแนวเดียวกัน และมีความสามารถในการจำแนกเด็กออกเป็นกลุ่มได้

4. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental (or Intervention) Designs)

4.1 ความหมายของการวิจัยแบบผสานวิธี

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27) กล่าวว่าการวิจัยแบบผสานวิธี(Mixed methods research) เป็นแบบการวิจัยที่มุ่งเน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการศึกษาเรื่องเดียวกัน(single study) เป็นการบูรณาการข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในลักษณะการรวมกัน(converge) ความเป็นลำดับ(sequential) และการฝังอยู่ภายใต้ซึ่งกันและกันembedding) ทั้งนี้ วิโรจน์ สารรัตนะ (2545) อธิบายไว้ว่าว่า การวิจัยแบบผสานวิธีการ เป็นการออกแบบแผนการวิจัย (Research design) ที่ผู้วิจัยจะต้องกำหนดประเภท (Type)ของการวิจัยที่จะนำมาผสมผสานกันก่อนว่าจะเป็นการวิจัยประเภทไหน ยกตัวอย่างเช่น กรณีเป็นการศึกษาเชิงปริมาณจะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental) หรือไม่ใช่การวิจัยเชิงทดลอง (Nonexperimental) หากเป็นการวิจัยเชิงทดลองจะเป็นรูปแบบใดหรือไม่ใช่การวิจัยเชิงทดลองจะเป็นรูปแบบใด กรณีเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ จะเป็นการวิจัยเฉพาะกรณี การวิจัยเชิงมานุษยวิทยา การวิจัยเชิงประวัติศาสตร์ หรือการวิจัยเชิงปรากฏการณ์ เป็นต้น เมื่อกำหนดประเภทการวิจัยที่จะนำมาผสมกันแล้ว ผู้วิจัยต้องออกแบบการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (sampling design) ออกแบบเครื่องมือ(instrumental design) ออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล (data collection design) และออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูล(data analysis design)ในแต่ละประเภทการวิจัยนั้น ส่วน รัตนะ บัวสนธ์ (2556) ได้อธิบายความหมายของการวิจัยผสานวิธีไว้ 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นแรก การวิจัยผสนาวิธี เป็นการผสมผสานในขั้นต้อนใดขั้นตอนหนึ่ง หรือระหว่างขั้นตอนภายในเรื่องเดียวกัน หมายความว่าในงานวิจัยและประเมินเรื่องหนึ่ง ๆ อาจใช้เทคนิควิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกันดำเนินงานในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง เช่น ขั้นตอนการเก็บข้อมูลใช้วิธีการและเครื่องมือที่เป็นแบบสอบถาม แบบทดสอบ(ซึ่งเป็นเครื่องมือเชิงปริมาณและใช้การสังเกต) การสัมภาษณ์(ซึ่งเป็นวิธีการเชิงคุณภาพ) เป็นต้น ประเด็นที่สอง การวิจัยผสานวิธีเป็นการผสมผสานในเรื่องเดียวกันแต่กระทำในลักษณะต่อเนื่องแยกจากกัน หมายความว่าในการวิจัยและเมินเรื่องหนึ่ง ๆ อาจจะวิธีการเชิงปริมาณดำเนินการก่อนจนกระทั่งแล้วเสร็จจึงใช้วิธีการเชิงคุณภาพดำเนินงานภายหลังเพื่อการศึกษาหาคำตอบในกรณีเฉพาะ หลังจากนั้นจึงใช้วิธีการเชิงปริมาณทำการศึกษาหาคำตอบในภาพกว้างกับกลุ่มผู้ให้คำตอบขนาดใหญ่ การดำเนินงานลักษณะดังกล่าวจะเป็นแบบต่อเนื่องระหว่างวิธีการทั้งสอง แต่ถ้าการดำเนินงาน

ลักษณะคู่ขนานแยกออกจากกัน เริ่มต้นศึกษาหาคำตอบไปพร้อม ๆ กันระหว่างวิธีการทั้งสอง แล้วนำผลคำตอบที่ค้นหามาตีความและสรุปร่วมกัน เป็นต้น

Tashakkori และ Teddlie (2003) กล่าวว่า การวิจัยแบบผสานวิธี เป็นการวิจัยที่ใช้เทคนิคในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ หรือผู้วิจัยใช้ประเภท (Types) ของการวิจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น ใช้การวิจัยเชิงทดลองในภาคสนามร่วมกับการวิจัยเชิงชาติพันธุ์วรรณา หรือเป็นการผสมผสานกันของวิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในหลายองค์ประกอบหรือขั้นตอนของการวิจัย ได้แก่ วิธีวิทยาการวิจัย คำถามการวิจัย ประเภทการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปอ้างอิง สอดคล้องกับ Creswell และ Plano Clark (2017) ให้ความหมายของการวิจัยแบบผสานวิธี เป็นแบบแผนการวิจัยที่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นทางปรัชญาเกี่ยวกับวิธีการสืบเสาะด้านวิธีวิทยา (Methodology) การวิจัยผสานวิธีได้รวมถึงข้อสันนิษฐานทางการวิจัยที่เป็นแนวทางของการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและผสมผสานระหว่างข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณในหลายระยะของกระบวนการวิจัย ในด้านวิธีการ (Method) การวิจัยผสานวิธีเน้นการรวบรวม วิเคราะห์และผสานทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณในงานวิจัยเดี่ยวหรือชุดโครงการวิจัยเพื่อให้สามารถตอบปัญหาการวิจัยได้ดีกว่าการใช้วิธีการเดียว

จากการศึกษาความหมายของการวิจัยแบบผสานวิธีสรุปได้ว่า การวิจัยผสานวิธี เป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการศึกษาเรื่องเดียวกัน โดยข้อมูลที่ได้จะช่วยให้เกิดการตอบคำถามเชิงความรู้และเชิงยืนยันความรู้โดยการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยข้อมูลอาจสอดคล้องและเสริมกัน หรืออาจขัดแย้งเพื่อทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งเพื่อการวิพากษ์หรือเกิดประเด็นใหม่ที่น่าสนใจ

4.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัยแบบผสานวิธี

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27) อธิบายว่า การวิจัยแบบผสานวิธีการใช้เมื่อผู้วิจัยต้องการศึกษาประเด็นหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนการมองในแง่เดียวทำให้สรุปได้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เมื่อต้องการหาคำตอบที่เป็นประเด็นโต้แย้ง หรือเมื่อไม่มั่นใจว่าวิธีการเดียวจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงและสมบูรณ์ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ วิโรจน์ สารรัตนะ (2545, น. 13) กล่าวว่า การวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed methods) เป็นการออกแบบแผนการวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายประการ ได้แก่

1) เพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) เป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นในผลการวิจัย

2) เพื่อเป็นการเสริมให้เติมเต็มให้สมบูรณ์ (Complementarity) เช่น ใช้ในการตรวจสอบประเด็นที่ซ้ำซ้อน หรือประเด็นที่แตกต่างของปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา

3) เพื่อเป็นการริเริ่ม (Initiation) เช่น การค้นหาประเด็นที่ผิดปกติ ประเด็นที่ผิดธรรมดา ประเด็นที่ขัดแย้งกันหรือทัศนะใหม่ ๆ เป็นต้น

4) เพื่อการพัฒนา (Development) อาจกล่าวได้ว่าเป็นนำผลจากการศึกษาในขั้นตอนหนึ่งไปใช้ให้เป็นประโยชน์กับอีกขั้นตอนหนึ่ง เป็นต้น

5) เพื่อเป็นการขยายความออกไป (Expansion) ช่วยส่งผลให้งานวิจัยมีขอบข่ายที่กว้างขวางมากขึ้น

4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการวิจัยแบบผสานวิธี

ข้อดีของการใช้การวิจัยแบบผสานวิธี นั้นรัตนะ บัวสนธ์ (2556, น. 67 - 68) กล่าวถึงข้อดีของการใช้การวิจัยแบบผสานวิธี ไว้ดังนี้

1) การวิจัยแบบผสานวิธีมีจุดแข็งในการแสวงหาคำตอบเนื่องจากสามารถปิดจุดอ่อนที่มีอยู่ในวิธีวิจัยเชิงปริมาณและวิธีวิจัยเชิงคุณภาพในการแสวงหาหาคำตอบได้บางแง่มุมเท่านั้น กล่าวคือ การวิจัยแบบผสานวิธีทำให้ได้คำตอบที่วิธีวิจัยเชิงปริมาณและวิธีวิจัยเชิงคุณภาพที่ทำเพียงวิธีเดียวไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างครอบคลุม

2) การวิจัยแบบผสานวิธีทำให้ได้คำตอบที่ทำให้ก่อเกิดความรู้และความเข้าใจในประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาอย่างกว้างขวางและนุ่นลึก กล่าวคือ เมื่อนำคำตอบที่ได้จากการดำเนินงานศึกษาในเชิงปริมาณมาใช้จะได้คำตอบในลักษณะภาพกว้าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษานั้น ขณะเดียวกันถ้าพิจารณาคำตอบหรือความรู้ที่ได้จากวิธีการเชิงคุณภาพจะมีลักษณะเป็นเรื่องเฉพาะกรณีที่ให้ความรู้ลุ่มลึกเฉพาะกรณี

3) การวิจัยแบบผสานวิธีเมื่อใช้มาดำเนินการวิจัยและเมินก่อให้ความหลากหลายและผสมผสาน รวมทั้งการแลกเปลี่ยนโลกทัศน์ของนักวิจัยและนักประเมินหรือแลกเปลี่ยนจุดยืนทางโลกทัศน์ภายในตัวนักวิจัยหรือนักประเมินนั้น ๆ ทำให้นักวิจัยหรือนักประเมินมีมโนทัศน์ทัศน์ทางวิชาการอย่างกว้างขวางสอดคล้องกับความจริงที่เกิดขึ้นทางสังคมหรือทางการศึกษามากกว่าการที่จะยึดมั่นเพียงมโนทัศน์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพียงค่ายเดียว

4) การวิจัยแบบผสานวิธีมีส่วนช่วยให้ผู้วิจัยหรือนักประเมินตั้งคำถามและจุดมุ่งหมายของวิจัย นำไปสู่การหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และใช้เทคนิควิธีการอย่างหลากหลายในการหาคำตอบให้กับคำถามและจุงมุ่งหมายการวิจัย

สอดคล้องกับ อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27) อธิบายว่า การวิจัยแบบผสานวิธีมีข้อดีในเชิงการศึกษาข้อค้นพบที่มีความนุ่มลึกทั้งจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดังนี้

1) การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยทำให้เกิดการตอบคำถามเชิงความรู้และเชิงยืนยันโดยใช้ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการตรวจสอบข้อมูลซึ่งกันและกันในลักษณะของการตรวจสอบความสอดคล้องข้องข้อมูล

2) การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจสอดคล้องกันและได้ข้อมูลที่หลากหลายมาเสริมกัน

3) การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจขัดแย้งกันและทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งเพื่อการวิพากษ์หรือเกิดประเด็นใหม่ที่น่าสนใจ

4) การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยขยายขอบเขตความกว้างและความลึกของงานวิจัยทำให้การสรุปอ้างอิงมีน้ำหนักมากขึ้นในมิติความกว้างและความลึก

จากการศึกษาข้อดีของการวิจัยแบบผสานวิธี สรุปได้ การวิจัยผสานวิธีมีข้อดีหลายประการในเชิงการศึกษาข้อค้นพบที่มีความนุ่มลึกจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจขัดแย้งกันและทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งเพื่อการวิพากษ์หรือเกิดประเด็นใหม่ที่น่าสนใจ

รัตนะ บัวสนธ์ (2556, น. 67 - 68) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการใช้การวิจัยแบบผสานวิธี ดังนี้

1) การวิจัยแบบผสานวิธีจำเป็นต้องใช้นักวิจัยหรือนักประเมินทีมความเข้าใจอย่างชัดเจนในวิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และมีทักษะความสามารถที่จะใช้ทั้ง 2 วิธีการเพื่อดำเนินงานควบคู่หรือต่อเนื่องไปด้วยกัน

2) การวิจัยแบบผสานวิธีเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรในการดำเนินงาน เช่น ระยะเวลา งบประมาณในการวิจัย เป็นต้น กล่าวคือ ในการดำเนินงานต้องอาศัยเวลาและเงินทุนในการดำเนินงานมากกว่าที่จะดำเนินงานด้วยวิธีการใด ๆ เพียงวิธีเดียว

3) การเขียนรายงานการวิจัยของการวิจัยแบบผสานวิธีไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ทำให้เกิดความไม่สะดวกต่อผู้เขียนและการทำความเข้าใจของผู้อ่าน

4) ผลการศึกษาจากการวิจัยแบบผสานวิธีการหรือข้อค้นพบมีข้อขัดแย้งกัน ทำให้ยากต่อการนำไปใช้และการสร้างความเข้าใจต่อผู้อ่าน

นอกจากนี้ อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27 - 28) กล่าวว่า การวิจัยแบบผสานวิธีมีข้อจำกัดของการใช้ คือ การวิจัยแบบผสานวิธีควรใช้ในกรณีที่ปัญหาวิจัยต้องการคำตอบที่กว้าง

และลึก เนื่องจากต้องใช้เวลา งบประมาณและทรัพยากรอื่น ๆ ที่เพิ่มมากขึ้นจากการใช้รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ผู้วิจัยจึงควรตระหนักถึงความคุ้มค่าระหว่างวิธีการวิจัยกับองค์ความรู้หรือข้อค้นพบที่ได้รับ อีกทั้งผู้วิจัยต้องมีความรู้และความเข้าใจในการใช้ระเบียบวิธีการวิจัยอย่างแท้จริง

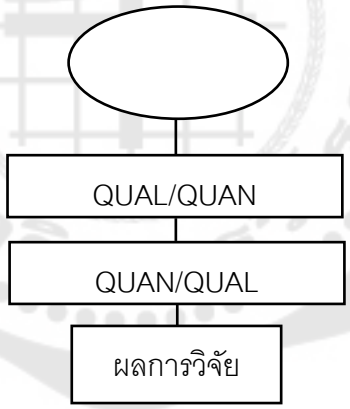
จากการศึกษาข้อจำกัดของการวิจัยแบบผสานวิธี กล่าวโดยสรุป คือ การวิจัยแบบผสานวิธีผู้วิจัยต้องมีความรู้และความเข้าใจในกระบวนทัศน์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างแท้จริง อีกทั้งผู้วิจัยต้องตะหนักถึงความคุ้มค่าเนื่องจากต้องใช้เวลา งบประมาณและทรัยากรเพิ่มมากขึ้น

4.4 ลักษณะของการวิจัยแบบผสานวิธี

วิโรจน์ สารรัตนะ (2545, น. 7 - 11)การวิจัยแบบผสานวิธี(mixed methods) เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษ 1960-1980 จำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ

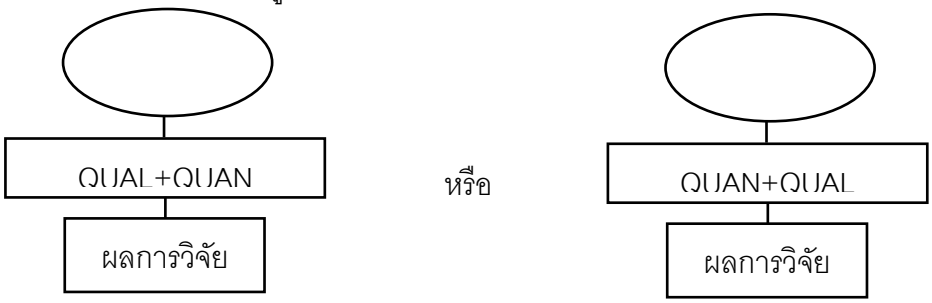
1) รูปแบบผสมอย่างเท่าเทียมกัน (Equivalent status design) ทั้งกระบวนทัศน์เชิงปริมาณและกระบวนทัศน์เชิงคุณภาพ จำแนกเป็น 2 ลักษณะคือ

1.1) แบบตามลำดับ (QUAL/QUAN หรือ QUAN/QUAL)



ภาพประกอบ 8 รูปแบบการผสมเท่าเทียมกัน แบบตามลำดับ

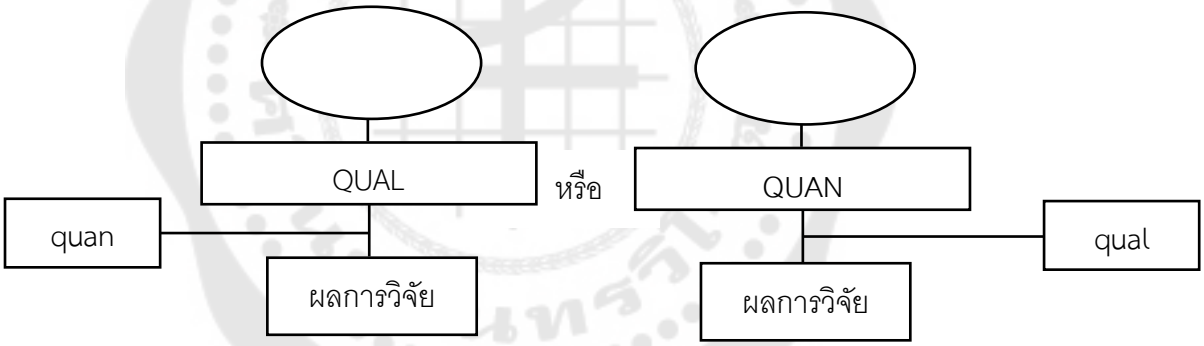
1.2) แบบคู่ขนาน/พร้อมกัน (QUAL+QUAN หรือ QUAN+QUAL)



ภาพประกอบ 9 รูปแบบการผสมอย่างเท่าเทียม แบบคู่ขนาน/พร้อมกัน

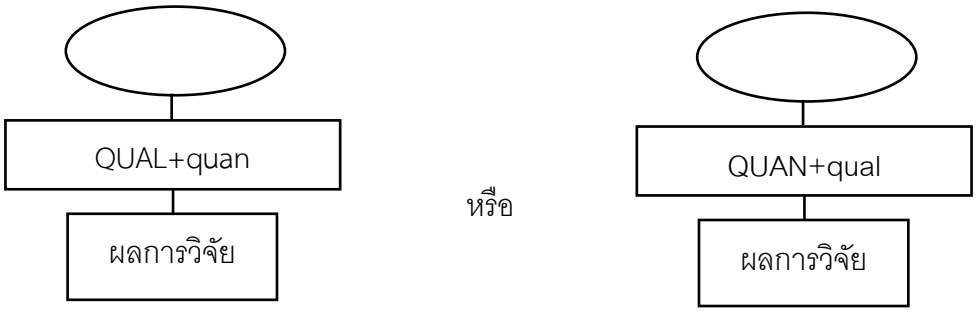
2) รูปแบบการผสมอย่างเป็นตัวหลักและตัวรอง (Dominant-less dominant designs) โดยมีกระบวนทัศน์หนึ่งเป็นตัวหลักและกระบวนทัศน์หนึ่งเป็นตัวรอง จำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1) แบบตามลำดับ (QUAL- quan หรือ QUAN - qual)



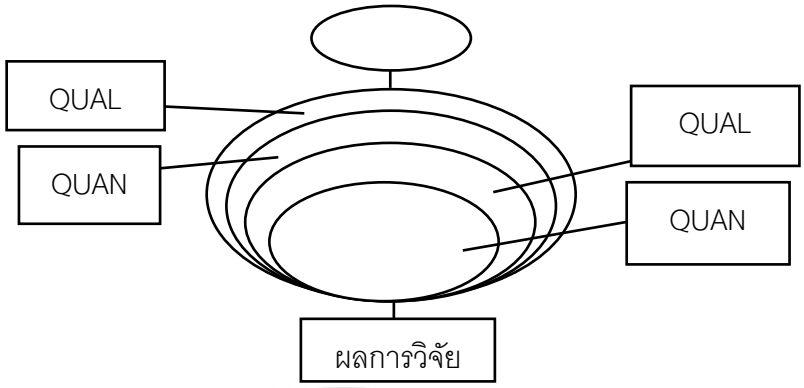
ภาพประกอบ 10 รูปแบบการผสมอย่างเป็นตัวหลักและตัวรอง แบบตามลำดับ

2.2) แบบคู่ขนาน/พร้อมกัน (QUAL+quan หรือ QUAN+qual)



ภาพประกอบ 11 รูปแบบการผสมอย่างเป็นตัวหลักและตัวรอง แบบคู่ขนาน/พร้อมกัน

3) รูปแบบการผสมหลายระดับ (Design with multilevel use of approach)

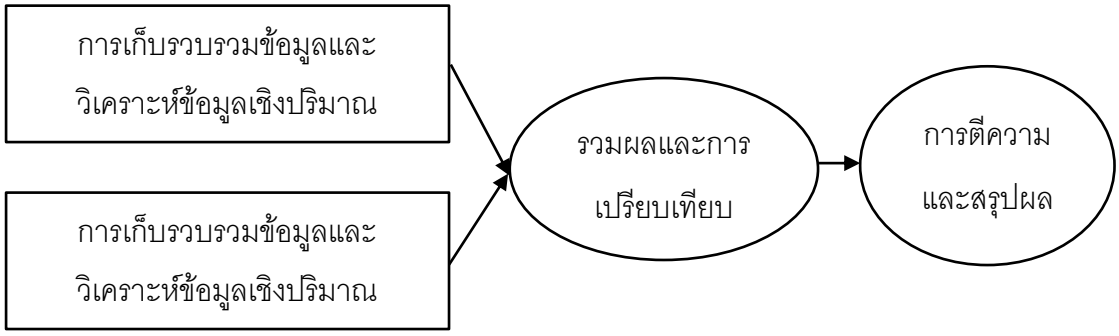


ภาพประกอบ 12 รูปแบบการผสมในหลายระดับ

Creswell และ Plano Clark (2017) ได้พัฒนาและปรับปรุงแบบแผนของการวิจัยผสานวิธีจนถึงปี 2018 โดยมีเป้าหมายที่ให้นักวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงและสอดรับกับปัญหาวิจัยหลากหลายประเภท โดยแบ่งลักษณะของแบบแผนการวิจัยผสานวิธีออกเป็น 2 แบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) แบบแผนวิจัยผสานวิธีหลัก (Core Mixed Method Designs) ประกอบไปด้วย 3 รูปแบบ ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยผสานวิธีพื้นฐาน ได้แก่

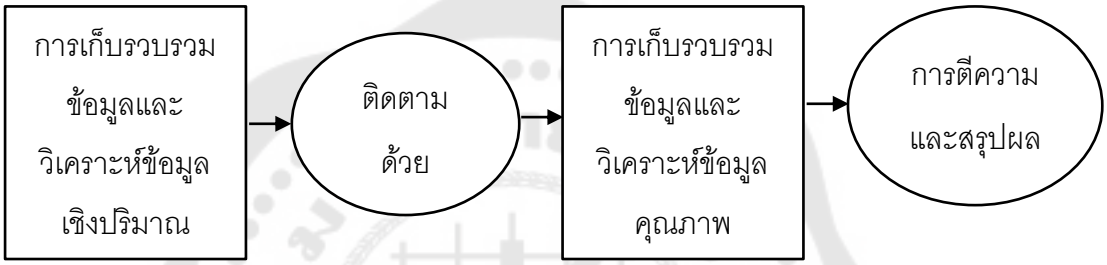
1.1) แบบแผนคู่ขนาน(The convergent design) ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปพร้อมๆกัน โดยที่ไม่ได้มีการลำดับว่าจะใช้การเก็บข้อมูลใดก่อนหรือหลัง นำข้อมูลที่ได้จากทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพมาตีความและสรุปผลเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ โดยที่ข้อมูลเชิงปริมาณจะให้สารสนเทศเป็นผลการวิเคราะห์ตัวเลขที่บอกแนวโน้มมากน้อยในแต่ละคำถาม ส่วนในการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพจะทำให้ได้มุมมองของแต่ละบุคคลในเชิงลึก ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แบบแผนคู่ขนาน(The convergent design)

ที่มา:ปรับจาก Creswell และ Plano Clark (2017)

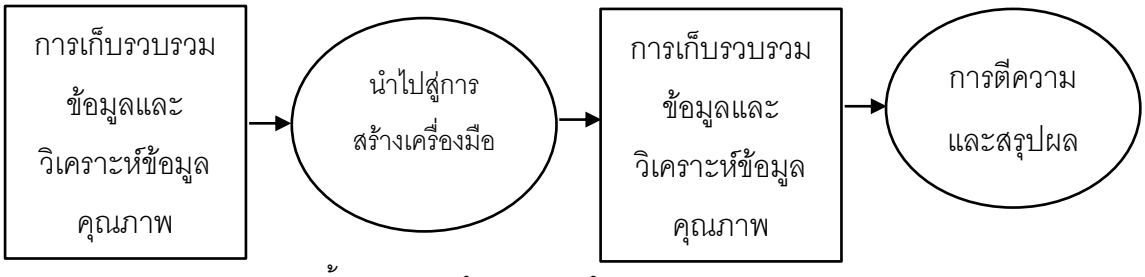
1.2) แบบแผนขั้นตอนการอธิบายตามลำดับ (The Explanatory sequential design) แบบแผนนี้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณแล้วตามด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อนำมาอธิบายผลจากการวิจัยเชิงปริมาณในเชิงลึก โดยที่ข้อค้นพบที่ได้จากการแบบแผนขั้นตอนการอธิบายตามลำดับผู้วิจัยจะได้สารสนเทศที่ได้จากข้อมูลเชิงปริมาณก่อนเป็นข้อมูลเบื้องต้น เช่น ผลเชิงปริมาณมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยต้องการที่จะทำการศึกษาเชิงลึกโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อนำมาใช้อธิบายหรือให้เหตุผลประกอบการศึกษาเชิงปริมาณดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อนำข้อค้นพบไปนำผลที่ได้ไปตีความและสรุปผล ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แบบแผนขั้นตอนการอธิบายตามลำดับ (The Explanatory sequential design)

ที่มา:ปรับจาก Creswell และ Plano Clark (2017)

1.3) แบบแผนขั้นตอนการสำรวจตามลำดับ (The Exploratory sequential design) แบบแผนนี้ขั้นตอนแรกผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสำรวจเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา เช่น บางครั้งจากการศึกษาเอกสารหรือการปรับใช้เครื่องมือที่มีอยู่เดิมอาจไม่สอดคล้องกับสภาพบริบทของกลุ่มที่ทำการศึกษา หรือบางปัญหาผู้วิจัยอาจจะยังไม่ทราบประชากรที่ต้องการศึกษายากที่จะเข้าถึง และหลังจากสำรวจสิ่งที่จำเป็นกับปัญหาวิจัยแล้วตามด้วยการสร้างและพัฒนาเครื่องมือหรือใช้เป็นประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณต่อไป ทั้งนี้เพื่อนำข้อค้นพบไปนำผลที่ได้ไปตีความและสรุปผล ดังภาพประกอบ 15

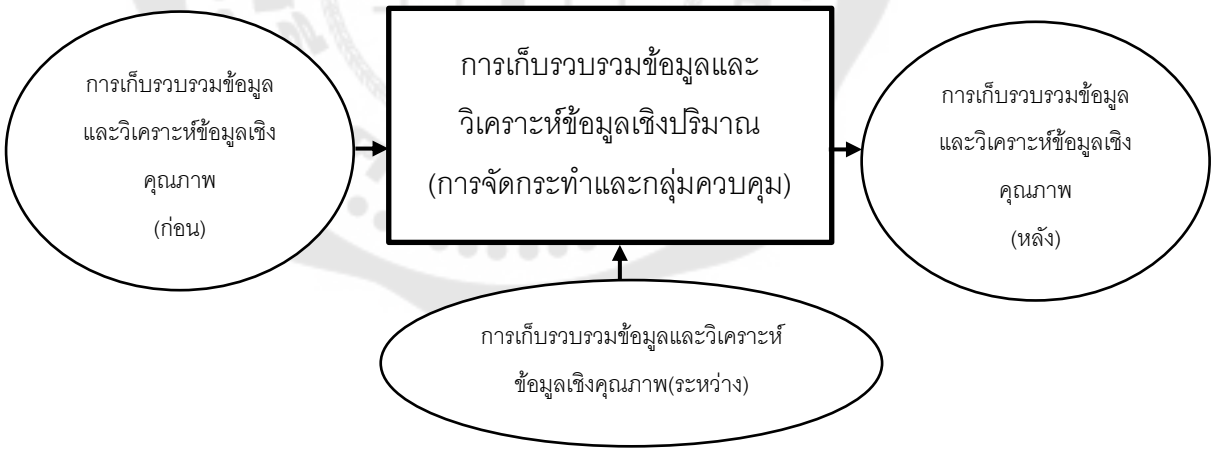


ภาพประกอบ 15 แบบแผนขั้นตอนการสำรวจตามลำดับ (The Exploratory sequential design)

ที่มา:ปรับจาก Creswell และ Plano Clark (2017)

2) แบบแผนวิจัยผสานวิธีประยุกต์ใช้แบบแผนวิจัยผสานวิธีหลัก (Complex Application of Core Mixed Method Designs) ประกอบไปด้วย 4 รูปแบบ ซึ่งเป็นแบบแผนที่นำแบบแผนการวิจัยผสานวิธีพื้นฐานมาผสมผสานเป็นหลักในการออกแบบการวิจัย ได้แก่

2.1) แบบแผนการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Design) รูปแบบการวิจัยที่มีการผสมผสานขั้นสูงวิธีการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักโดยนักวิจัยอาจใช้แบบแผนคู่ขนาน(The convergent design) แบบแผนขั้นตอนการอธิบายตามลำดับ (The Explanatory sequential design) หรือแบบแผนขั้นตอนการสำรวจตามลำดับ (The Exploratory sequential design) และในระหว่างช่วงการวิจัยนั้น(ทั้งในช่วงก่อนการวิจัย ระหว่างการวิจัย หรือหลังการวิจัย)ผู้วิจัยสอดแทรกการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเก็บก่อนการวิจัย ระหว่างการวิจัย หรือหลังการวิจัย นำข้อค้นพบไปนำผลที่ได้ไปตีความและสรุปผล สิ่งที่ต้องพึงระวังหากผู้วิจัยเพิ่มการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพระหว่างการทดลองนั้น นักวิจัยมักจะเอาใจใส่ติดตามอย่างใกล้ชิดส่งผลให้ข้อมูลเชิงคุณภาพได้ผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่ควรจะเป็นและข้อพึงระวังคือต้องออกแบบวิจัยตามหลัก max min con ของการวิจัย ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 แบบแผนการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental (or Intervention) Design)

ที่มา:ปรับจาก Creswell และ Plano Clark (2017)

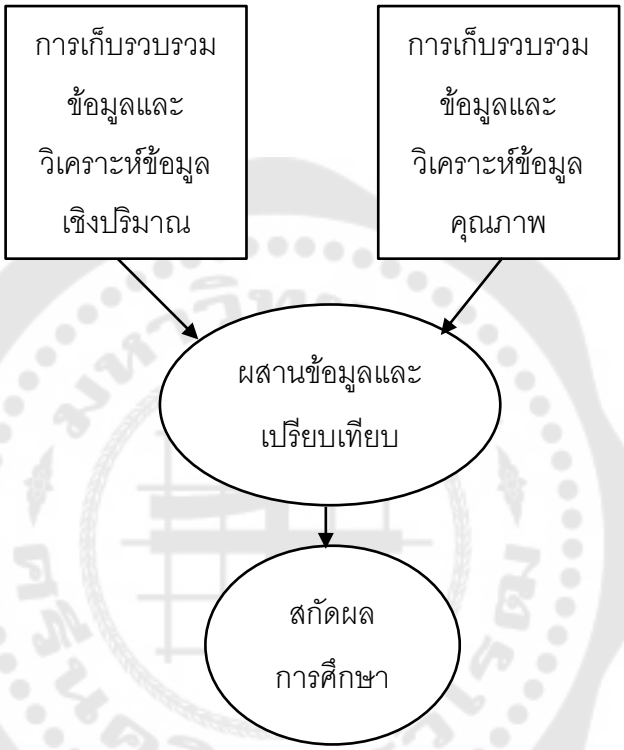
ขั้นตอนของแบบแผนการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Design) ดังตาราง 5

ตาราง 5 ขั้นตอนของแบบแผนการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Design)

ขั้นที่ 1	**การพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพในการทดลองอย่างไร** - กำหนดว่าทำไมถึงต้องใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพและจะใช้อย่างไร - ระบุว่าจะเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพก่อนก่อนทดลอง ระหว่างทดลอง หรือหลังทดลอง หากเพิ่มก่อนการทดลองจะมีลักษณะเป็นแบบแผนขั้นตอนการสำรวจตามลำดับ (The Exploratory sequential design) หากเพิ่มระหว่างการทดลองจะมีลักษณะเป็นแบบแผนคู่ขนาน (The convergent design) หากเพิ่มหลังการทดลองจะมีลักษณะเป็นแบบแผนขั้นตอนการอธิบายตามลำดับ (The Explanatory sequential design)
ขั้นที่ 2	**ดำเนินเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ** - ระบุรูปแบบของแบบแผนวิจัยผสานวิธีที่เป็นแนวทางในการออกแบบ - กำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม - ออกแบบตัวจัดกระทำและดำเนินการทดลอง - วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อใช้ในการบรรยายข้อมูลทางสถิติ สถิติเชิงอนุมาน และขนาดของผลกระทบเพื่อตอบคำถามวิจัยเชิงปริมาณ - เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพว่าอยู่ตรงไหนในการทดลองเพื่อตอบคำถามการวิจัยเชิงคุณภาพ - ดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อรวบรวมผลของข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพขึ้นอยู่กับเหตุผลในการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ
ขั้นที่ 3	**พิจารณาว่าข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงคุณภาพช่วยวินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้นในการการทดลองอย่างไร** - แสดงหลักฐานเฉพาะข้อค้นพบข้อมูลเชิงคุณภาพ - ตีความว่าข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงคุณภาพช่วยวินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้นในการการทดลองอย่างไร

ที่มา: (Creswell : 2017 p.109).

2.2) แบบแผนกรณีศึกษา (Mixed Methods Case Study Design)เป็นแบบแผนการวิจัยที่นำวิจัยผสานวิธีหลัก (Core Mixed Method Designs) มาใช้ในการสร้างกรอบแนวคิดของการวิจัยการศึกษารายกรณี หรือการศึกษาแบบพหุกรณีศึกษา ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ นำข้อค้นพบที่ได้มาสรุปร่วมกันในแต่ละกรณี และทำการเปรียบเทียบรายกรณี ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 แบบแผนกรณีศึกษา (Mixed Methods Case Study Design)

ที่มา:ปรับจาก Creswell และ Plano Clark (2017)

2.3) แบบแผนยุติธรรมแบบส่วนร่วมทางสังคม (Mixed Methods Participatory-social Justice Design) ผู้วิจัยทำการศึกษากรอบปัญหาในกรอบแนวคิดความยุติธรรมแบบมีส่วนร่วมทางสังคม โดยทำการศึกษาแบบผสานวิธีที่มีมุมมองลักษณะหลากหลายแนวคิด โดยส่วนมากจะเป็นการศึกษามุมมองทางชาติพันธ์ สถานะทางสังคม โดยจะใช้แบบแผนการวิจัยที่นำวิจัยผสานวิธีหลัก (Core Mixed Method Designs)

2.4) แบบแผนการประเมินผสานวิธี (Mixed Methods Evaluation Design) เป็นแบบแผนที่ผู้วิจัยทำการศึกษาระยะยามหรือโครงการวิจัยที่มีหลายขั้นตอน ใช้การแสวงหาคำตอบที่ยาวนานจึงต้องออกแบบการวิจัยผสานวีที่มีความหลากหลาย มีการแยกศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพด้วยการใช้แบบแผนการวิจัยที่นำวิจัยผสานวิธีหลัก (Core Mixed

Method Designs) ขั้นตอนแรกการแบบแผนการวิจัยนี้จะใช้กับการประเมินโครงการหรือประเมินเครื่องมือ มีการศึกษาหลายระยะ ทั้งนี้การรวบรวมข้อมูลจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบโปรแกรม การประเมินความต้องการจำเป็น การประเมินโปรแกรม การติดตามและประเมินผลโปรแกรมโดยการรวบรวมข้อมูลจะเกิดขึ้นตั้งแต่ระยะแรกไปจนถึงขั้นสุดท้าย

จากที่กล่าวมาข้องต้น สรุปได้ว่า การวิจัยแบบผสานวิธีนั้นเป็นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ จากนั้นนำข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษานำไปสู่การตีความและสรุปผล ทั้งนี้ผู้วิจัยควรเลือกใช้แบบแผนการวิจัยผสานวิธีตามการออกแบบวิจัยที่เลือกใช้ตามแต่ละปัญหาและความมุ่งหมายของการวิจัย

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

She (2003) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การขยายตัวของความร้อน โดยทำการศึกษากับนักเรียนในประเทศไต้หวัน จำนวน 32 คน ด้วยรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลบมโนทัศน์ที่ถูกต้องและสามารถนำมโนทัศน์ใหม่ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

Acar และ Tarhan (2008) ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้าและทักษะทางสังคม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในประเทศตุรเคีย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือส่งผลบให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมถึงทักษะทางสังคมเพิ่มขึ้น และลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่องไฟฟ้าเคมีถูกต้องและสมบูรณ์

Uzunitiyaki และ Geban (2005: 211-339) ได้ศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ประกอบการเขียนผังมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ประกอบการเขียนผังมโนทัศน์มีความเข้าใจในมโนทัศน์และมีเจตคติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Costu และคณะ (2007: 524-536) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของสาร(จุดเดือด) โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ สาขา

ประถมศึกษา โดยการศึกษาเพื่อหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของสาร (จุดเดือด)แล้วนำผลการศึกษาที่ได้มาออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ภายหลังพบว่ากิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนเปลี่ยนมโนทัศน์นั้นมีผลต่อความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักศึกษา โดยพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Kirik and Boz (2012) ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจ ในวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Rate Reaction) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 110 คน โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบร่วมมือ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ถูกต้องและทำให้เพิ่มแรงจูงใจให้กับนักเรียนในวิชาเคมี

Yumusak et al. (2015) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในประเทศตุรกี เรื่อง กัมมันตภาพรังสี โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับการจัดการเรียนรู้เปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงอย่างเดียว และการเรียนการสอนแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับการจัดการเรียนรู้เปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ให้ผลเหมือนกันคือ สามารถลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง กัมมันตภาพรังสี สูงกว่า การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

Kocakülah และ Kural (2016)ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตันของนักเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ผลการศึกษาพบว่าก่อนการจัดการสอนมุมมองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตัน ภายหลังจัดการสอนด้วยรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ประสบผลสำเร็จโดยช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์อีกทั้งลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

สุทธินี เพชรทองคำ (2557) ได้ทำการศึกษาความสามารถในกาคิดวิเคราะห์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสรรคนิยมเชิงสังคมร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสรรคนิยมเชิงสังคมร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ75.66 แปลวความหมายว่า สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ70 และ

นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ลำพูน สิงห์ขา (2555) ได้ทำการศึกษาผลการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบทำนาย สังเกต เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 6 ด้านอยู่ระหว่าง 0.68 - 1.35 โดยนักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลางและผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับสมบูรณ์ (CU) และระดับไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวนสูงขึ้นและมีมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน(PS)ระดับคลาดเคลื่อน (AC)และระดับไม่เข้าใจ (NU) จำนวนลดลง

เสาวนีย์ สังฆะขี (2555) ได้ศึกษาผลการจัดการสอนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ของ Hewson & Hewson (2003) ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียน ในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและมีมโนทัศน์คที่ลาดเคลื่อนลดลงและผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนบุคคลพบว่า จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 42 คน มีนักเรียนจำนวน 29 คน (ร้อยละ 69.05) ที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ฤทธิชัย เสนาพรหม (2557) ได้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์แบบเปรียบเทียบตามแนวคิด Focus - Action - Reflection (FAR) Guide ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสลายโมเลกุลสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) มากสุด คิดเป็นร้อยละ 70.71 ภายหลังการจัดการเรียนรู้เมื่อใช้รูปแบบการสอนแบบเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์แบบเปรียบเทียบตามแนวคิด Focus - Action - Reflection (FAR) Guide พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 29.29 และผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่า มีนักเรียนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 57.14และมีนักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 42.86

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายมโนทัศน์ทั้ง 6 มโนทัศน์ย่อย พบว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือมโนทัศน์ย่อย เรื่อง วัฏจักรเครบส์คิดเป็นร้อยละ 89.52 และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้มากสุดคือ มโนทัศน์ย่อย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนคิดเป็นร้อยละ 48.10

อิสราพร เภรินทวงค์ (2557) ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงโนทัศน์ของ Hewson & Hewson(2003) ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนมโนทัศน์รายข้อพบว่า จำนวนนักเรียนร้อยละ 97.24 มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามเกณฑ์มากที่สุดที่ คือเรื่อง ตำแหน่งของวัตถุเทียบจุดอ้างอิง เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนรายบุคคล พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 100 จากการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ (2558) ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบ MIS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยคะแนนโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นทุกมโนทัศน์และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบ MIS มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับดีมาก

พิจิตรา ศรีพัดยศ (2559, น. 181 - 193) ใช้จัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 70 %

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

ศิริธร อ่างแก้ว (2559) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด –เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคการแข่งขันเกมแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการแข่งขันเกมแบบกลุ่มสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด - เบส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมธิน อินทรประสิทธิ์ (2560) ได้ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 71.00 ซึ่งอยู่ในระดับดี และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 70.07 ซึ่งอยู่ในระดับดี และมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลพบว่าช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ได้ยาวนานขึ้น

ธิดารัตน์ คำแพง (2560, น. 567 - 584) ทำการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยยึดรูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Kolb ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TSOI นักเรียนที่มีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 75.76 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TSOI โดยให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติด้วยใช้ภาพนิ่งและวีดิโอ และอธิบายเทคนิคในการเขียนสรุปความ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 84.85 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TSOI โดยเน้นการแก้ปัญหาด้านการเขียนสรุปความของผู้เรียน โดย

อธิบายเทคนิคในการเขียนสรุปความพร้อมทั้งยกตัวอย่างการเขียนสรุปความที่ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ พบว่านักเรียนทุกคนมีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 100

พัชรี โพชนา (2561, น. 126 - 139) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติต่อวิชาของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศศิธร แสนพันดร (2561, น. 213 - 223) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจัดจำแนกพืชและสัตว์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบกลวิธี ทำนาย – สังเกต – อธิบาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 16 มโนทัศน์ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศนทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (5.24 และ 33.80 ตามลำดับ) และในภาพรวมนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและจำนวนนักเรียนที่คลาดเคลื่อนลดลง

ประภัสสร สาระธนะ (2561) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อริยา ทิพชัย (2562) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยแบบจำลองเชิงกายภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีมีความเข้าใจมโนทัศน์และความเข้าใจมโนทัศน์ผิดลดลงจากก่อนเรียนคิดเป็น 2.93 และมีความเข้าใจมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ลดลงจากก่อนเรียนคิดเป็นเป็น 16.38 ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และถูกต้องสมบูรณ์

(PU+SU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนคิดเป็น 34.31 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องนี้ของนักเรียนได้

กฤษฎา พนันชัย (2561) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์และแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 โดยหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนที่ไม่ความเข้าใจมโนทัศน์และเข้าใจผิดลดลงจากก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 29.01 ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ถูกต้องและไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 32.72 จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนพบว่าร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์และเข้าใจผิดคิดเป็น 15.55 ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ถูกต้องและไม่สมบูรณ์คิดเป็น 68.89 ดังนั้นการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องสมดุลเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชัยยุทธ สุขวัจนี (2560) ได้ทำการศึกษามโนทัศน์และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์ โดยใช้รูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์สเตแพนส์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดี นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมักลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อยู่ระดับพอใช้ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรณิชา พรหมเสนา (2560) ทำการศึกษามโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของคูรัลและโคคาคูลา ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นเท่ากับ ร้อยละ 52.58 ส่วนนักเรียนที่พัฒนาการลดลงเท่ากับ ร้อยละ 38.49 และนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เท่ากับ ร้อยละ 8.93

นนท์ปวิธ กันเกลา (2560) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในมโนทัศน์ รายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของโพสเนอร์ตามแนวทางการวิจัยอิงการออกแบบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของโพสเนอร์ตามแนวทางการวิจัยอิงการ

ออกแบบ มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในมโนทัศน์ วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ สูงกว่านักเรียนที่ใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กวิน นวลแก้ว (2561) ได้ทำการศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนค่าเฉลี่ยคะแนนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้น และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับดี

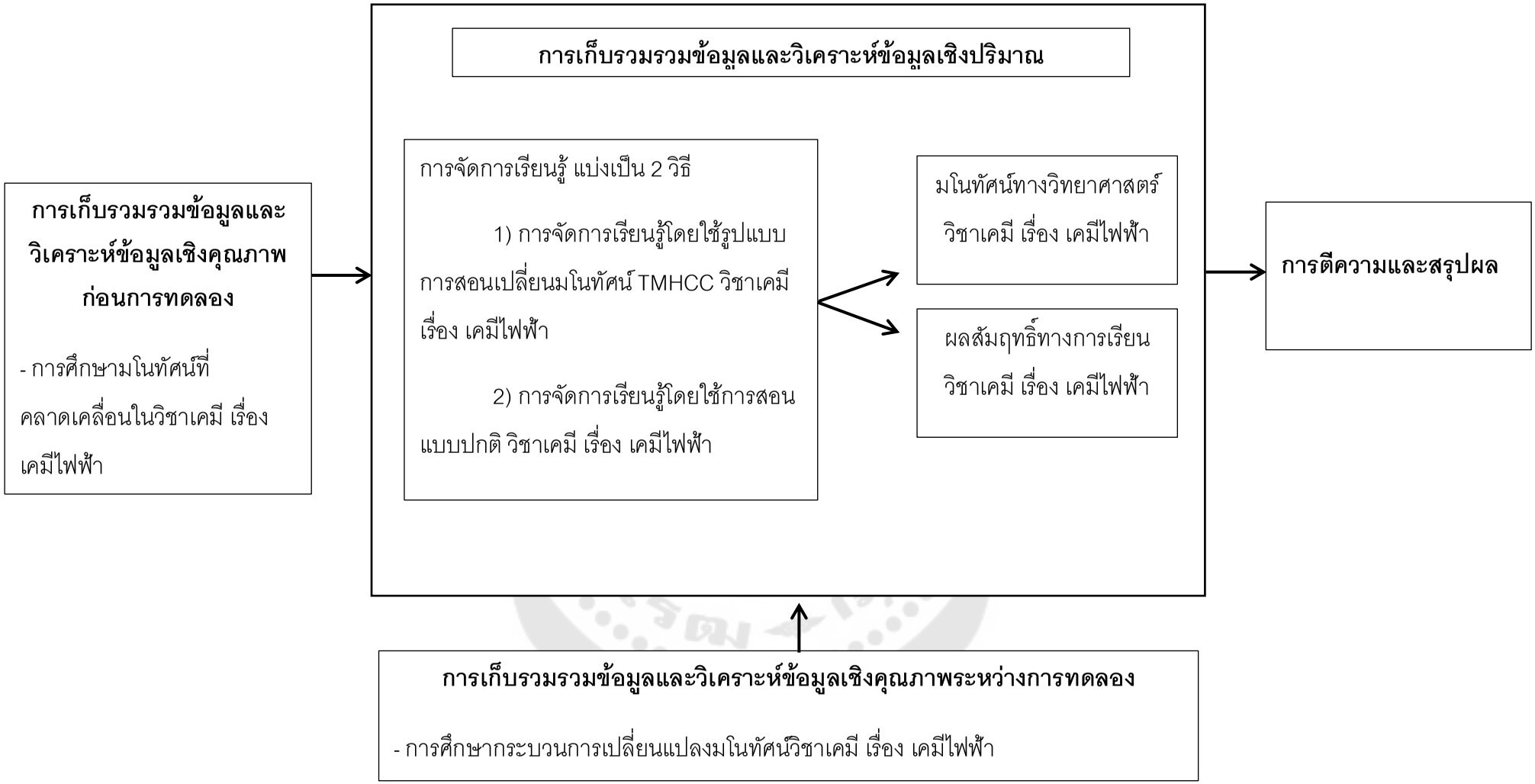
จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สามารถแยกตามจุดประสงค์การศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการศึกษาในกลุ่มนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประเด็นมโนทัศน์ที่นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน 2) การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการศึกษาในกลุ่มนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประเด็นมโนทัศน์ที่นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและมุ่งแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยเลือกใช้แนวคิดที่เปลี่ยนมโนทัศน์

ดังนั้น ผู้วิจัยสนใจศึกษาประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมี ไฟฟ้า และมุ่งแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนโดยเลือกใช้แนวคิดของคูรัล และโคคาคูลา (Teaching Model for Hot Conceptual Change, TMHCC) เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่มีความเหมาะสมกับบริบทของกลุ่มนักเรียน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายการวิจัยเพื่อ 1) เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 2) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีความมุ่งหมายการวิจัยรอง ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ 2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และ 3) เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

วิธีการวิจัยเป็นการวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed Methods Research) โดยใช้รูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Designs)เป็นรูปแบบการวิจัยที่มีการผสมผสานวิธีการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักและในก่อนและระหว่างช่วงการวิจัยนั้นผู้วิจัยสอดแทรกการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง และนำข้อมูลจากการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปสู่การตีความสรุปและผล ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แบบแผนการวิจัยผสานวิธีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

ระยะที่ 1 การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาและรวบรวมประเด็นเนื้อหาที่นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดปัญหาวิจัย

ในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้กำหนดปัญหาวิจัย คือ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการแสวงหาคำตอบจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การตอบความมุ่งหมายของการวิจัย

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า และหนังสือเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (พ.ศ.2560) เพื่อนำมาประกอบการกำหนดคำถามการวิจัย ที่ใช้การเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์

3. การเลือกผู้ให้ข้อมูล

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งเป็นครูที่สอนในสถานศึกษาของรัฐ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 3 คน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลดังนี้

1) เป็นครู ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีหรือ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ - เคมี หรือสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโททางด้านวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีหรือ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์-เคมี โดยตรง

2) มีประสบการณ์สอนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

3) กรณีครูที่สอนในสถานศึกษาของรัฐ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการมีวิทยฐานะระดับชำนาญการพิเศษขึ้นไป

4. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. กำหนดจุดมุ่งหมายและขอบเขตของแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

3. สร้างแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและขอบเขตที่ตั้งไว้

4.นำแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำมาปรับปรุงและแก้ไขภาษาและถ้อยคำที่ใช้ และสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างฉบับสมบูรณ์ แล้วนำไปเก็บข้อมูลต่อไป

<u>ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์</u>

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ประเด็น : มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ .....

ระดับการศึกษาสูงสุด ( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท ( ) ปริญญาเอก

สาขา.....

ชื่อโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัยที่ให้ข้อมูล .....

วันที่ ..... **เวลา** .....

ประเด็นคำถาม	
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้าของผู้เรียนเป็นอย่างไร	
2. ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ มีสาเหตุมาจากอะไร	
3. ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง เคมีไฟฟ้า ในประเด็นใด และอย่างไรบ้าง	

5. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูล เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และยังเป็นการกำหนดขอบเขตของการศึกษาอย่างชัดเจน นำไปสู่การแสวงหาข้อมูลเพื่อตอบความมุ่งหมายได้ตรงประเด็น และในการเก็บข้อมูลภาคสนามผู้วิจัยได้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์เน้นสัมภาษณ์แบบเจาะลึก(In-depth interviews) จากผู้ให้ข้อมูล ดังตาราง 6

ตาราง 6 แผนการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ความมุ่งหมาย	วิธีการเก็บข้อมูล	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล	ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	การสัมภาษณ์	แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview protocol)	ครูผู้สอนในสถานศึกษาของรัฐจำนวน 3 คน มีประสบการณ์สอนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า มากกว่า 5 ปี	ระหว่างวันที่ 1-10 ธันวาคม 2563

6. การจัดกระทำข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากภาคสนามแล้วขั้นต่อไปคือการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำควบคู่กับการเก็บข้อมูล โดยมีกิจกรรม 2 กิจกรรม ดังนี้

6.1 การลดทอนข้อมูล (Data Reduction)

ข้อมูลที่เก็บได้จากแหล่งข้อมูลทั้ง 3 คน ผู้วิจัยได้นำมาลดทอนข้อมูล เพื่อสกัดออกมาเป็นประเด็นต่าง ๆ ที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

6.2 การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

จากการลดทอนแล้วนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและนำเสนอประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยแยกเป็นประเด็น

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

จากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยใช้การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในระยะที่ 1 ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมามุ่งแสวงหาคำตอบในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนในกลุ่มที่ 1 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 จำนวน 10 โรงเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวนทั้งหมด 3,568 คน

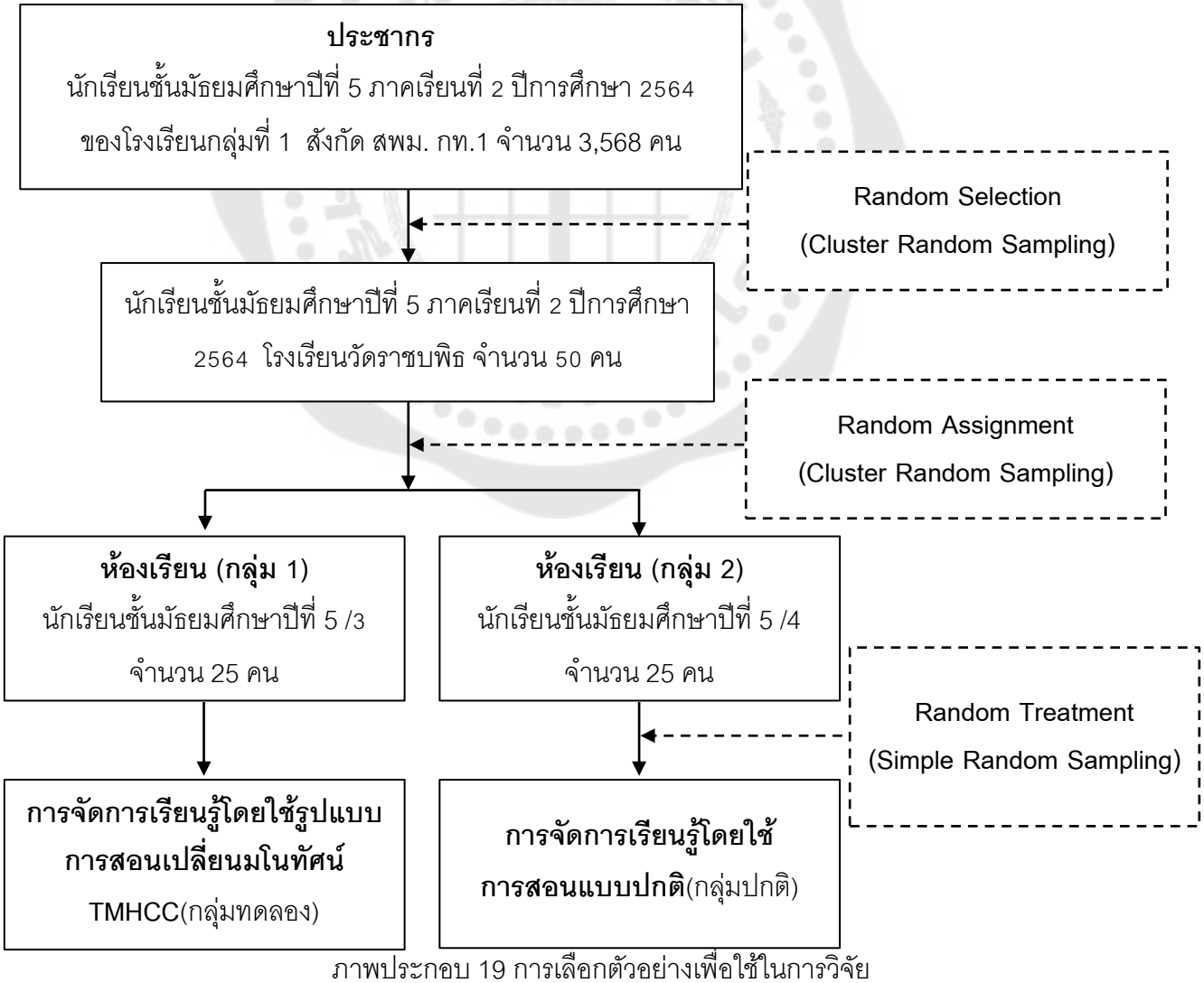
2. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดราชบพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 50 คน ซึ่งได้จากการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power version 3.1.9.2 เพื่อหาจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม โดยกำหนดสถิติทดสอบเอฟ(F test) การทดสอบทางสถิติ MANOVA(MANOVA: Global effect) และประเภทของการวิเคราะห์อำนาจทดสอบเลือกการกำหนดตัวอย่างที่เหมาะสมก่อนการวิจัย(A priori: Computer required sample size-given α, and effect size) ผู้วิจัยกำหนดค่าขนาดอิทธิพลจากงานวิจัยของชัยยุทธ สุขวัจนี(2558: 55) มีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.81 กำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ .05 และอำนาจการทดสอบเท่ากับ 0.80 โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการเลือกตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มตัวอย่างจากประชากร(Random Selection)โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มจากการสุ่มตัวอย่างจึงได้ตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดราชบพิธ จำนวน 50 คน

ขั้นตอนที่ 2 การแบ่งตัวอย่างเข้าสู่การทดลอง (Random Assignment) ที่ได้มาจากการคำนวณตัวอย่างจากโปรแกรม G*Power Version 3.1.9.2 โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ได้ตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 (Group 1) และกลุ่มที่ 2 (Group 2) รวมทั้งสิ้นจำนวน 2 ห้องเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Random Treatment) โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มโดยที่ตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความเท่าเทียมกันเนื่องจากการจัดห้องเรียนเป็นแบบคละความสามารถของนักเรียน กำหนดให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 จำนวน 25 คน เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC และกำหนดให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 4 จำนวน 25 คน เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 การเลือกตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิจัย

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ใช้เวลาในการทดลองจำนวน 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 27 คาบเรียน

4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 ประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

1. เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์
2. เซลล์เคมีไฟฟ้า
3. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์
4. ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า

5. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 วิธี 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC และ 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 3) กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

6. แบบแผนการทดลอง

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองแบบแผนการทดลองแบบกึ่งทดลอง(Quasi-experimental design) ดำเนินการแบบแผนสองกลุ่มมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และมีการสุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่ม (Pretest-posttest control design) ดังตาราง 7

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม(Group)	การทดสอบก่อนการทดลอง	ตัวแปรจัดกระทำ	การทดสอบหลังการทดลอง
กลุ่มทดลอง(Group 1)	Obs_{11}	Tx_1	Obs_{12}
กลุ่มควบคุม(Group 2)	Obs_{21}	-	Obs_{22}

ที่มา :Leedy และ Ormrod (2013, 234)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

Group 1 แทน กลุ่มทดลอง

Group 2 แทน กลุ่มควบคุม

Obs_{11} แทน การทดสอบก่อนการทดลองในกลุ่มทดลอง

Obs_{21} แทน การทดสอบก่อนการทดลองในกลุ่มควบคุม

Obs_{12} แทน การทดสอบหลังการทดลองในกลุ่มทดลอง

Obs_{22} แทน การทดสอบหลังการทดลองในกลุ่มควบคุม

Tx_1 แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

\- แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

7. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

7.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีลำดับการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

2. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร

แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ศึกษาประเด็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในระยะที่ 1

4. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมี ไฟฟ้า ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ สาระเคมี ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้/กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

การจัดการเรียนรู้มีการดำเนินการ 8 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการสร้างแรงจูงใจให้กับบริบทการเรียนรู้ 2) ขั้นการตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียน 3) ขั้นการแสดงมโนทัศน์หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ 4) ขั้นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา 5) ขั้นการทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง 6) ขั้นแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 7) ขั้นการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่าง และ 8) ขั้นการประเมินผล

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอนแหล่งเรียนรู้

6. ตรวจสอบความถูกต้องของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน เพื่อพิจารณาความถูกต้อง สอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยพบว่าค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.64 – 4.89 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองต่อไป

7.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ มีลำดับการสร้างดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ สาระเคมี ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้/กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

การจัดการเรียนรู้มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นสอน และ3) ขั้นสรุป

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการสอนกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอน แหล่งเรียนรู้

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการจัดการเรียนรู้ด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อพิจารณาความถูกต้อง สอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยพบว่าค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.42 – 4.85 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด

5.นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มควบคุมต่อไป

จากการดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ดังตาราง 8

ตาราง 8 การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	**การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า**
ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ 1.ครูระบุเป้าหมายในการเรียนบทเรียน เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้ 1) จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ 2) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน 3) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของปฏิกิริยารีดอกซ์ 4) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์	**ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน** 1.นักเรียนร่วมอภิปรายทบทวนเรื่องการนำไฟฟ้าของสารละลาย 2. ครูนำแท่งโลหะจุ่มในสารละลายบางชนิด จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในสารละลายหรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลง ครูทบทวนว่าการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คือ ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดไฟฟ้า หรือการให้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี 3. ครูทบทวนองค์ประกอบของการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี 4. ครูอธิบายว่าพลังงานไฟฟ้าเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาเคมีที่ที่การถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสาร เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุในสารที่ทำปฏิกิริยาเคมีนั้น

ตาราง 8 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า
ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน 1.ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม ดังนี้ ธาตุแต่ละชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าหรือไม่ (แนวคำตอบ : ธาตุบางชนิดจะมีเลขออกซิเดชันได้เพียงค่าเดียว แต่ธาตุบางชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า) 2.ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับเลขออกซิเดชัน	**ขั้นสอน** 1. ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มกลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาการทดลองกิจกรรม เรื่อง การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ โดยร่วมกันสรุปขั้นตอนการทดลองและทำการทดลอง 2.ครูและนักเรียนรวมกันอภิปรายผลการทดลอง 3.ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการสรุปผลการทดลอง 4. ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลองดังนี้ 1) ก่อนจุ่มแผ่นโลหะ ในสารละลายมีไอออนของโลหะชนิดใดละลายอยู่ 2) โลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ใดที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ทราบได้อย่างไร 3) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดผิวของโลหะสังกะสีจึงสึกกร่อนและบางลง 4) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดสารละลายสีฟ้าจึงจางลง 5) โลหะกับไอออนของโลหะคู่ที่เกิดปฏิกิริยา เลขออกซิเดชันของสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้ 1.ครูนำแท่งโลหะจุ่มในสารละลายบางชนิดจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในสารละลายหรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง 2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ และปฏิกิริยานอนรีดอกซ์จากกิจกรรม กลุ่มไหน...กลุ่มนั้น โดยครูจะยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมี และแบ่งกลุ่มปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ และกลุ่มปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ แล้วใช้คำถามดังต่อไปนี้	

ตาราง 8 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	**การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า**
1)ปฏิกิริยารีดอกซ์และปฏิกิริยานอนรีดอกซ์จัดเป็นปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : ทั้ง 2 กลุ่มจัดเป็นปฏิกิริยาเคมี เนื่องจาก เกิดสารใหม่ขึ้น) 2) ปฏิกิริยารีดอกซ์และนอนรีดอกซ์ทั้ง 2 กลุ่มนั้น มีความแตกต่างกันอย่างไร(แนวคำตอบ : ปฏิกิริยารีดอกซ์มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุ แต่ปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน) 3) นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงของเลขออกซิเดชันเกิดจากอะไร(แนวคำตอบ : การเปลี่ยนแปลงของจำนวนอิเล็กตรอน) 3. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า “ในปฏิกิริยาบางปฏิกิริยาธาตุชนิดหนึ่งอาจมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นได้ ส่วนธาตุอีกชนิดหนึ่งอาจมีเลขออกซิเดชันลดลงได้ ซึ่งเรียกปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุนี้ว่าปฏิกิริยารีดอกซ์”	6) จากการทดลองปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน 7)ให้นักเรียนเขียนสมการรีดอกซ์จากการทดลอง พร้อมทั้งระบุว่าสารใดเป็นตัวรีดิวซ์ สารใดเป็นตัวออกซิไดส์

ตาราง 8 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	**การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า**
ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา และขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง 1.ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มกลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาการทดลองกิจกรรม เรื่อง การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ โดยร่วมกันสรุปขั้นตอนการทดลองและทำการทดลอง	
ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 1. ครูและนักเรียนรวมกันอภิปรายผลการทดลอง 2. ครูอธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโละสังกะสีกับสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต โดยใช้รูปประกอบ 3.ครูอธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และให้นักเรียนระบุตัวรีดิวซ์ตัวออกซิไดส์	

ตาราง 8 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	**การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า**
ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน 1. ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลองดังนี้ 1) ก่อนจุ่มแผ่นโลหะ ในสารละลายมีไอออนของโลหะชนิดใดละลายอยู่ 2) โลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ใดที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ทราบได้อย่างไร 3) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดผิวของโลหะสังกะสีจึงสึกกร่อนและบางลง 4) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดสารละลายสีฟ้าจึงจางลง 5) โลหะกับไอออนของโลหะคู่ที่เกิดปฏิกิริยา เลขออกซิเดชันของสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร 6) จากการทดลองปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน 7)ให้นักเรียนเขียนสมการรีดอกซ์จากการทดลอง พร้อมทั้งระบุว่าสารใดเป็นตัวรีดิวซ์ สารใดเป็นตัวออกซิไดส์	

ตาราง 8 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า
ขั้นที่ 8 การประเมินผล 1. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้ 1) จงระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ เพราะเหตุใด • $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ • $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ 2) จงเขียนสมการแสดงครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งระบุตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ • $Zn(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$ • $Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$ 2. ครูตั้งคำถามนักเรียนหลังจากได้รับการเรียนสอน เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้ - จากเดิมนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของเลขออกซิเดชัน ข้อกำหนดเกี่ยวกับเลขออกซิเดชันและการคำนวณเลขออกซิเดชันอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงจากความรู้เดิมหรือไม่ แตกต่างกันอย่างไร อะไรที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความรู้จากเดิม	**ขั้นสรุป** 1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้ •ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ •ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่าปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่าตัวออกซิไดส์ •ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์อิเล็กตรอนได้ดีกว่า $Zn^{2+}(aq)$) 2. ครูให้นักเรียนแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ 3. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

7.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

7.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

จากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพก่อนการทดลองลองระยะที่ 1 ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีลำดับการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.นำประเด็นที่ได้จากการศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพก่อนการทดลองระยะที่ 1 มาใช้ในการประกอบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ซึ่งวัดด้านพุทธิพิสัย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ดังตาราง 9

ตาราง 9 เนื้อหาและจำนวนข้อคำถามตามระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

เนื้อหา	**ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้**			**รวม**
	ด้านความเข้าใจ	ด้านการนำไปใช้	ด้านการวิเคราะห์	
เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	2(10.0%)	1(5.0%)	2(10.0%)	5(25.0%)
เซลล์เคมีไฟฟ้า	2(10.0%)	1(5.0%)	2(10.0%)	5(25.0%)
ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์	1(5.0%)	2(10.0%)	2(10.0%)	5(25.0%)
ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	1(5.0%)	2(10.0%)	2(10.0%)	5(25.0%)
รวม	6(30.0%)	6(30.0%)	8(40.0%)	20(100.0%)

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 40 ข้อ โดยแบบทดสอบ 1 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน

คือ ส่วนที่1 เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0 และส่วนที่ 2 เป็นแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยเขียนตอบให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อตามเกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยปรับจากแนวคิดของ Haidar (1997) ดังตาราง 10

ตาราง 10 เกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้	คะแนน
1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Sound understanding : SU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องทุกองค์ประกอบ	4
2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์(Partial understanding: PU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	3
3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific misconception: PU & MU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	2
4. มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Specific misconception : MU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าคำตอบไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	1
5.ไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (No understanding: NU)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่ตอบคำถามหรือตอบทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น	0

ที่มา : ปรับจาก Haidar (1997)

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์แล้ว ไปหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังรายนามในภาคผนวกซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

6.1 เป็นครู ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ทางด้านวิทยาศาสตร์สาขาเคมี หรือสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ -เคมี หรือระดับปริญญาเอก สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ - เคมี โดยตรง จำนวน 3 คน

6.2 เป็นอาจารย์ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา หรือระดับปริญญาเอก สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา โดยตรง จำนวน 2 คน

6.3 มีประสบการณ์สอน มากกว่า 5 ปี

ตรวจสอบความถูกต้องของภาษา และตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

-หากข้อคำถาม**สอดคล้อง**กับเนื้อหา/ระดับพฤติกรรม(1 คะแนน)

-หาก**ไม่แน่ใจ**ว่าข้อคำถามสอดคล้องกับเนื้อหา/ระดับพฤติกรรม(0 คะแนน)

-หากข้อคำถาม**ไม่สอดคล้อง**กับเนื้อหา/ระดับพฤติกรรม (-1 คะแนน)

ผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 33 ข้อ และปรับปรุงตามคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญและดำเนินการจัดพิมพ์แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ นำไปทดสอบหาคุณภาพ (Try out) กับกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 33 คน

8. นำผลที่ได้จากการทดสอบในส่วนที่ 1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และเลือกข้อที่มีค่า

ระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) เลือกข้อที่มีมากกว่า 0.2 ขึ้นไป และนำผลที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) และนำผลที่ได้จากการทดสอบในสวนที่ 2 แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยเขียนเหตุผลสสนับสนุนคำตอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(p) และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's alpha method)

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าผลที่ได้จากการทดสอบในส่วนที่ 1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือกมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.28 – 0.81 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.29 -0.85 และนำผลที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) มีค่าเท่ากับ 0.93 และนำผลที่ได้จากการทดสอบในส่วนที่ 2 แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบมาวิเคราะห์หาค่าความอำนาจจำแนก(r)มีค่าอยู่ระหว่าง 0.29-0.85 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's alpha method)มีค่าเท่ากับ 0.93

9. จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ฉบับจริง ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 แบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ จำนวน 20 ข้อ และนำไปใช้กับตัวอย่างวิจัยต่อไป

<u>ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี</u>

ข้อ 001 ปฏิกิริยาเคมีในข้อใดต่อไปนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

ก. กรดซัลฟิวริกแตกตัวเป็นไอออนในน้ำ

ข. กรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยาสะเทินกับโซเดียมไฮดรอกไซด์

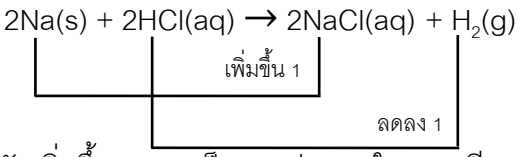
ค. ผสมสารละลายโซเดียมคลอไรด์กับซิลเวอร์ไนเตรตแล้วมีตะกอนเกิดขึ้น

ง. โลหะหมู่ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น

คำตอบ ง. โลหะหมู่ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น

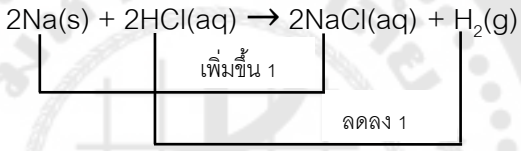
เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

4 คะแนน : เมื่อนำ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น ทำให้เลขออกซิเดชันเปลี่ยนแปลง ดังสมการ

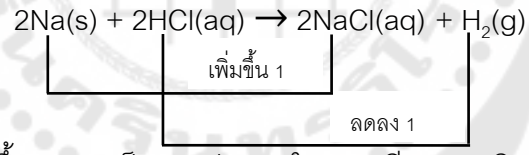


Na มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น +1 ส่วน H ใน HCl มีเลขออกซิเดชันลดลงจาก +1 เป็น 0

3 คะแนน: เมื่อนำ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น ทำให้เลขออกซิเดชันเปลี่ยนแปลง ดังสมการ



2 คะแนน: เมื่อนำ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น ทำให้เลขออกซิเดชันเปลี่ยนแปลง ดังสมการ



Na มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น +1 ส่วน H ใน HCl มีเลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนแปลง

1 คะแนน: เมื่อนำ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น เพราะมีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับแก๊สไฮโดรเจน จึงจัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

0 คะแนน : ไม่เขียนคำตอบ, ตอบทวนคำถาม, คำตอบไม่สอดคล้อง

ข้อ 002 เมื่อนำแผ่นทองแดงจุ่มลงในสารละลาย $AgNO_3$ ปรากฏว่ามีโลหะเงินเกาะบนแผ่นทองแดง **ข้อใดสรุปถูกต้อง**

ก. แผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวรีดิวซ์

ข. แผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวออกซิไดส์

ค. โลหะเงิน(Ag) เป็นตัวออกซิไดซ์

ง. ซิลเวอร์ไอออน(Ag^+) เป็นตัวรีดิวซ์

คำตอบ ก. แผ่นทองแดงเป็นตัวรีดิวซ์

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

4 คะแนน : เมื่อนำแผ่นทองแดงจุ่มลงในสารละลาย $AgNO_3$ ปรากฏว่ามีโลหะเงินเกาะบนแผ่นทองแดง แสดงว่าซิลเวอร์ไอออน(Ag^+)ในสารละลายรับอิเล็กตรอนจากแผ่นทองแดง(Cu)เกิดเป็นโลหะเงิน(Ag)เกาะบนแผ่นทองแดง(Cu) เกิดครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน ดังสมการ $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$ จะได้ว่าซิลเวอร์ไอออน(Ag^+) เป็นตัวออกซิไดซ์ ส่วนแผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวรีดิวซ์ เนื่องจากจ่ายอิเล็กตรอนเกิดเป็นคอปเปอร์ไอออน(Cu^{2+}) อยู่ในสารละลาย เกิดครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังสมการ $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

3 คะแนน : แผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวรีดิวซ์ ให้อิเล็กตรอน ส่วนซิลเวอร์ไอออน(Ag^+)ในสารละลายรับอิเล็กตรอนเป็นตัวออกซิไดส์

2 คะแนน : ซิลเวอร์ไอออน(Ag^+)ในสารละลายรับอิเล็กตรอนจากแผ่นทองแดง(Cu)เกิดเป็นโลหะเงิน(Ag)เกาะบนแผ่นทองแดง(Cu) แสดงว่าซิลเวอร์ไอออน(Ag^+)เป็นตัวรีดิวซ์ ส่วนแผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวออกซิไดส์

1 คะแนน : ซิลเวอร์ไอออน(Ag^+)ในสารละลายให้อิเล็กตรอนแก่แผ่นทองแดง(Cu)เกิดเป็นโลหะเงิน(Ag)เกาะบนแผ่นทองแดง(Cu)

0 คะแนน : ไม่เขียนคำตอบ, ตอบทวนคำถาม, คำตอบไม่สอดคล้อง

ข้อ 003 แผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้า ข้อใดมีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันน้อยที่สุด กำหนดให้

$Zn^{2+}(aq) + 2e^-$	$\rightarrow$	$Zn(s)$	$E^o = -0.76$ V
$Fe^{2+}(aq) + 2e^-$	$\rightarrow$	$Fe(s)$	$E^o = -0.44$ V
$Co^{2+}(aq) + 2e^-$	$\rightarrow$	$Co(s)$	$E^o = -0.28$ V
$Mn^{2+}(aq) + 2e^-$	$\rightarrow$	$Mn(s)$	$E^o = -0.76$ V

ก. $Mn \mid Mn^{2+} \parallel Fe^{2+} \mid Fe$

ข. $Mn \mid Mn^{2+} \parallel Co^{2+} \mid Co$

ค. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Co^{2+} \mid Co$

ง. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Fe^{2+} \mid Fe$

คำตอบ ง. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Fe^{2+} \mid Fe$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

4 คะแนน : พิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชัน สูตรคำนวณ $E^{o}=E^{o}_{cathod} - E^{o}_{anode}$

เซลล์ ก. E^{o}= (-0.44) – (-1.18) = +0.74 V

เซลล์ ข. E^{o}= (-0.28) – (-1.18) = +0.90 V

เซลล์ ค. E^{o}= (-0.28) – (-0.76) = +0.48 V

เซลล์ ง. E^{o}= (-0.44) – (-0.76) = +0.32 V

3 คะแนน : สูตรคำนวณ $E^{\circ}=E^{\circ}_{cathod} - E^{\circ}_{anode}$

2 คะแนน : สูตรคำนวณ $E^{\circ}=E^{\circ}_{cathod} - E^{\circ}_{anode}$

เซลล์ ง. E^{o}= (-0.44) – (-0.76) = +0.32 V

1 คะแนน : สูตรคำนวณ $E^{\circ}= E^{\circ}_{anode} - E^{\circ}_{cathod}$

0 คะแนน : ไม่เขียนคำตอบ, ตอบทวนคำถาม, คำตอบไม่สอดคล้อง

7.2.3 แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมีของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระเคมี ข้อที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. สร้างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยแต่ละแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วยส่วนที่ให้นักเรียนแสดงออกถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นคำถามที่สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้ในแต่ละคาบเรียน

3. นำแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้าที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำมาปรับปรุงและแก้ไขภาษาและถ้อยคำที่ใช้ในแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำไปใช้กับตัวอย่างในการวิจัย

<u>ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน</u>
<u>แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า</u>

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า
วันที่ ..... **เวลา** .....

---

1) เมื่อจุ่มโลหะทองแดงในสารละลาย $AgNO_3$ แล้วเกิดผลึกสีเงินเกาะที่แผ่นทองแดง แล้วสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีฟ้าอ่อน จงตอบคำถามต่อไปนี้

a. เขียนสมการรีดอกซ์

Oxidation :.....

Reduction :.....

Redox :.....

b. เขียนแผนภาพเซลล์

.....

7.2.4 แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมีของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

2. กำหนดจุดมุ่งหมายและขอบเขตของแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

3. สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและขอบเขตที่ตั้งไว้

4. นำแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำมาปรับปรุงและแก้ไขภาษาและถ้อยคำที่ใช้ในสังเกตพฤตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

<u>ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน</u>

แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

ประเด็นในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน : กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้.....**เรื่อง**.....

วันที่ ..... **เวลา** .....

คำชี้แจง : ให้บันทึกบรรยากาศโดยรวมของการการจัดการเรียนรู้ และการแสดงออกถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้

ประเด็นในการสังเกตพฤติกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน
ผู้วิจัยสร้างแรงจูงใจของกับบริบทการเรียนรู้นักเรียน	
ผู้วิจัยแสดงมโนทัศน์หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ของนักเรียน	
ผู้วิจัยให้นักเรียนทำงานกลุ่มและโต้แย้งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	
ผู้วิจัยแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	
นักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา	

8. การดำเนินการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

8.1 ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

ก่อนการทดลองผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงรายละเอียดกับผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน แนวทางการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผลเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้

8.2. ขั้นดำเนินการทดลอง

8.2.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า กับนักเรียนกลุ่มทดลอง และนักเรียนกลุ่มควบคุม

8.2.2 ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC กับกลุ่มทดลอง ทั้งนี้ระหว่างการทดลองดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติกับกลุ่มควบคุม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ทั้งสองรูปแบบนั้นใช้เนื้อหาเดียวกันและการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้เช่นเดียวกัน

8.3. ขั้นหลังการทดลอง

ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า กับนักเรียนกลุ่มทดลอง และนักเรียนกลุ่มควบคุม

9. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบสังเกตพฤติกรรมของ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

9.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

9.1.1 สถิติบรรยายที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ความเบ้ (Sk) และความโด่ง (Ku) ของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

9.1.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม (One-way MANOVA) เพื่อตอบสมมติฐานข้อที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

สถิติ Hotelling's T^2 เพื่อตอบสมมติฐานข้อที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

9.1.3 ทำการศึกษาขนาดอิทธิพล โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย Marley W.Watkins. ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การแปลความหมายขนาดอิทธิพลของ Jacob Cohen ซึ่งแบ่งเกณฑ์ขนาดอิทธิพลออกเป็น 3 ระดับ ดังตาราง 11

ตาราง 11 เกณฑ์การแปลความหมายขนาดอิทธิพลของ Jacob Cohen

ขนาดอิทธิพล (d)	**ความหมาย**
0.2	ค่าอิทธิพลระดับน้อย (Small Effect Size)
0.5	ค่าอิทธิพลระดับกลาง (Medium Effect Size)
0.8	ค่าอิทธิพลระดับมาก (Large Effect Size)
1.3	ค่าอิทธิพลระดับสูงมาก (Very Large Effect Size)

9.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

9.2.1 การลดทอนข้อมูล (Data Reduction)

ข้อมูลที่เก็บได้จากแหล่งข้อมูล ผู้วิจัยได้นำมาลดทอนข้อมูล เพื่อสกัดออกมาเป็นประเด็นต่าง ๆ ที่นักเรียนมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

9.2.2 การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

จากการลดทอนแล้วนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและนำเสนอประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยแยกเป็นประเด็น

9.2.3 การตีความร่วมกันระหว่างการข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากการตีความร่วมกันระหว่างการข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพแล้วนั้นผู้วิจัยได้ทำการตีร่วมกันโดยใช้ตารางแสดงการตีความและสรุปผลระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC :การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ตอนที่ 2 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ได้แก่

2.1 การวิเคราะห์สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย(*M*) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ความเบ้ (SK) ความโด่ง (KU) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (One-way MANOVA)

2.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ด้วยสถิติ Hotelling's T^2

2.4 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

2.5 ผลการศึกษาตีความและสรุปผลระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ TMHCC

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ แทนความหมายดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียน
M	แทน	ค่าเฉลี่ย (Mean)
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
Sk	แทน	ค่าความเบ้ (Skewness)
Ku	แทน	ค่าความโด่ง (Kurtosis)
F	แทน	ค่าสถิติทดสอบ F
SS	แทน	ค่าผลโดยรวมยกกำลังสอง (Sum of Squares)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสอง (Mean of Squares)
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
df	แทน	องศาอิสระ

การนำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ผลการศึกษาประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า สามารถสรุปเป็นประเด็น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเลขออกซิเดชันปฏิกิริยารีดอกซ์ พบว่า นักเรียนจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าตัวออกซิไดส์เป็นสารที่เกิดครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และตัวรีดิวซ์เป็นสารที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน โดยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ ตัวออกซิไดส์เป็นสารที่เกิดครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และตัวรีดิวซ์เป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

"...นักเรียนจะมีความเข้าใจว่าเมื่อสารจ่ายอิเล็กตรอนเลขออกซิเดชันของธาตุตัวนั้นจะเพิ่มขึ้นเรียกว่าตัวออกซิไดส์และเกิดครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในทำนองเดียวกันเมื่อสารเกิดการรับอิเล็กตรอนเลขออกซิเดชันของธาตุจะลดลงเรียกว่าตัวรีดิวซ์ เด็ก ๆ จะเข้าใจว่าเกิดครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 1, สัมภาษณ์, 1 ธันวาคม 2563)

"...เด็ก ๆ มักท่องจำว่าเมื่อสารเกิดการจ่ายอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่าตัวออกซิไดส์ และเกิดครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเมื่อสารเกิดการรับอิเล็กตรอน เลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ และ

เกิดครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน พอเด็กๆเข้าใจสลับกันทำให้เมื่อไปทำแบบฝึกหัดทำให้คะแนนที่ได้ไม่เป็นไปตามที่ต้องการ"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 2, สัมภาษณ์, 4 ธันวาคม 2563)

"...นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดจากสารที่เป็นตัวออกซิไดส์จ่ายอิเล็กตรอนแล้วทำเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น และครึ่งปฏิกิริยารีดักชันเกิดจากสารที่เป็นตัวรีดิวซ์รับอิเล็กตรอนทำให้เลขออกซิเดชันลดลง เมื่อเราเห็นเช่นนั้นจึงต้องสอนนักเรียนอีกครั้งเพื่อทำให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 3, สัมภาษณ์, 6 ธันวาคม 2563)

2. ในเรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้า พบว่าจุดที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนมีความเข้าใจว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสารละลายในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านลวดตัวนำแต่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสารละลายในเซลล์เคมีไฟฟ้า ส่วนประเด็นการเขียนแผนภาพเซลล์นักเรียนมีความเข้าใจว่าแผนภาพเซลล์เขียนได้เฉพาะเซลล์กัลวานิกเท่านั้น แต่ความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แผนภาพเซลล์เขียนได้ทั้งเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ และในการเขียนแผนภาพเซลล์นักเรียนจะเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์เหมือนกันซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ในการเขียนที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาตร์นักเรียนต้องในการเขียนแผนภาพเซลล์อิเล็กโทรไลต์จะเขียนแผนภาพเซลล์สลับด้านกับเซลล์กัลวานิก

"...ในประเด็นเซลล์เคมีไฟฟ้า เด็กเข้าใจกันว่าเมื่อต่อวงจรสมบูรณ์ เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านสาระลายในครึ่งเซลล์ที่นำมาต่อเข้าด้วยกัน เด็กเค้าไม่ได้มองถึงว่าตรงขั้วไฟฟ้ามีการจุ่มลวดตัวนำลงไป"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 1, สัมภาษณ์, 1 ธันวาคม 2563)

"...นักเรียนเข้าใจกันว่าเซลล์เคมีไฟฟ้าเมื่อต่อครบ ความต่างศักย์ที่วัดได้เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนผ่านสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์ ซึ่งตอนทำการทดลองก็มีการจุ่มขั้วไฟฟ้าลงไปนะแต่เค้าเข้าใจกันตามนั้น"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 2, สัมภาษณ์, 4 ธันวาคม 2563)

"...ในเรื่องการเขียนแผนภาพเซลล์ เด็ก ๆ เค้ามีความเข้าใจว่าเขียนได้เฉพาะเซลล์กัลวานิกเท่านั้น เพราะคิดว่าปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้เอง และในการเขียนแผนภาพเซลล์ ถ้าเป็นเซลล์กัลวานิกเราจะเขียนครึ่งเซลล์ออกซิเดชันไว้ทางซ้ายและครึ่งเซลล์รีดักชันไว้ทางขวาของสะพานเกลือ เมื่อให้นักเรียนเขียนแผนภาพเซลล์อิเล็กโทรไลต์เด็ก ๆ ก็จะเขียนเหมือนกับเซลล์กัลวานิกซึ่งเป็นความเข้มใจที่คลาดเคลื่อน "

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 2, สัมภาษณ์, 4 ธันวาคม 2563)

"...ในเรื่องการเขียนแผนภาพเซลล์ของนักเรียน นักเรียนมีความเข้าใจว่าเขียนได้เฉพาะของเซลล์กัลวานิกเท่านั้น ซึ่งจะพวกเค้าจะเขียนครึ่งเซลล์ออกซิเดชันไว้ทางซ้ายและครึ่งเซลล์รีดักชันไว้ทางขวาของสะพานเกลือตามแบบเข้าใจ และเมื่อให้นักเรียนเขียนแผนภาพเซลล์ อิเล็กโทรไลต์นักเรียนจะเขียนไม่ได้เลย เพราะมีความเข้าใจว่าแผนภาพเซลล์เขียนได้เฉพาะเซลล์กัลวานิก แต่เมื่อสอนเขียนแผนภาพเซลล์อิเล็กโทรไลต์ให้แล้วนั้น ยังมีการเขียนครึ่งเซลล์สลับกันเหมือนของเซลล์กัลวานิก "

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 3, สัมภาษณ์, 6 ธันวาคม 2563)

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในเรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ พบว่า นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนเครื่องหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันสำหรับ E°anode ในการคำนวณโดยใช้สมการ E°=E°cathod - E°anode มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคือ ถึงแม้ว่า E° ของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับ E° ของปฏิกิริยารีดักชัน แต่การคำนวณโดยใช้สมการ E°=E°cathod - E°anode ค่า E°cathod และ E°anode เป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดัดชันเสมอ โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องหมาย และนักเรียนมีความใจคลาดเคลื่อนว่าเมื่อมีการคูณเลขสัมประสิทธิ์ของสมการครึ่งเซลล์จะต้องมีการคูณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์นั้นด้วย ความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาตร์เมื่อมีการคูณเลขสัมประสิทธิ์ของสมการครึ่งเซลล์จะไม่มีการคูณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์นั้น แต่จะใช้ค่าเดิม

"...ในการคำนวณเรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนเครื่องหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันสำหรับ E°anode และยังพบว่าเมื่อมีการนำเลขค่าคงที่เข้ามาคูณในสมการ นักเรียนจะนำเลขนั้นไปคูณกับค่า E^0ด้วย"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 1, สัมภาษณ์, 1 ธันวาคม 2563)

"...เรื่องการคำนวณศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ เด็กๆเค้าไปปรับเครื่องหมายของศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน เมื่อมีการคำนวณโดยใช้สมการ E°=E°cathod - E°anode และเมื่อมีการคูณเลขสัมประสิทธิ์เข้าไปในสมการ เด็ก ๆ เค้าก็เอาเลขนั้นไปคูณกับค่า E^0 ด้วย"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 2, สัมภาษณ์, 4 ธันวาคม 2563)

"...นักเรียนไปเปลี่ยนเครื่องหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันสำหรับ E°anode เช่น เนื่องจากปฏิกิริยาที่แอโนดเป็นออกซิเดชัน

$$Cu^{2+}(aq) + 2e- \longrightarrow Cu(s) \quad E°= 0.34\ V$$

$$Cu(s) \longrightarrow C^{u2+}(aq) + 2e- \quad E°= -0.34\ V$$

ซึ่งจริง ๆ แล้ว แม้ว่า E° ของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับ E° ของปฏิกิริยารีดักชัน E°cathod และ E°anode เป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันเสมอ ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องหมาย"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 3, สัมภาษณ์, 6 ธันวาคม 2563)

4. ในหัวข้อเรื่องประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับเซลล์กัลวานิกเท่านั้นเนื่องจากเป็นแหล่งให้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คือแบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับทั้งเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ โดยในการประจุใหม่ในแบตเตอรี่ประเภทเซลล์ทุติยภูมิจะใช้หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ทั้งนักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าถ่านไฟฉายไม่ใช่แบตเตอรี่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคือถ่านไฟฉายเป็นแบตเตอรี่ชนิดหนึ่ง อีกทั้งนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า กระบวนการกัดกร่อนหรือเกิดสนิมเกิดขึ้นกับเครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ หรือสิ่งก่อสร้างที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบเท่านั้น และสนิมมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลแดงเท่านั้น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ กระบวนการกัดกร่อนหรือเกิดสนิมเกิดขึ้นกับเครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ หรือสิ่งก่อสร้างที่มีโลหะชนิดอื่นได้ด้วย เช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง และสนิมอาจมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะ เช่น สนิมของทองแดงมีสีเขียว

"...นักเรียนเข้าใจว่าถ่ายไฟฉายไม่ใช่แบตเตอรี่ เพราะไม่มีการประจุไฟฟ้า และแบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับเซลล์กัลวานิก ซึ่งความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ถ่ายไฟฉายเป็นแบตเตอรี่ชนิดหนึ่ง และแบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับทั้งเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ โดยในการประจุใหม่ในแบตเตอรี่ประเภทเซลล์ทุติยภูมิจะใช้หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

ในเรื่องกระบวนการกัดกร่อนและการเกิดสนิม เด็กจะท่องจำมาว่าจะเกิดกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ผลิตจากเหล็กเท่านั้น สีของสนิมจะมีสีแดงอิฐหรือส้มอิฐ จริง ๆ แล้วมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคือว่า กระบวนการกัดกร่อนและการเกิดสนิมเกิดขึ้นกับเครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ หรือสิ่งก่อสร้างที่มีโลหะชนิดอื่นได้ด้วย เช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง สีของสนิมก็จะแตกต่างไปกับชนิดของโลหะ เช่น เราจะเห็นสีเขียวของระฆังตามวัด นั่นคือสีสนิมของทองแดง"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 1, สัมภาษณ์, 1 ธันวาคม 2563)

"...เด็ก ๆ เค้าเข้าใจว่าในเรื่องแบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับเซลล์กัลป์วานิกเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ซึ่งความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ แบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับทั้งเซลล์กัลป์วานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ เพราะในการประจุใหม่ไฟฟ้าแบตเตอรี่ประเภทเซลล์ทุติยภูมิจะใช้หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

อีกทั้งในเรื่องการเกิดสนิมเด็ก ๆ จะเข้าใจว่าสมนิมเกิดขึ้นกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำจากเหล็กเท่านั้น สีของสนิมที่เกิดขึ้นคือเหล็กออกไซด์ซึ่งเป็นสีส้มอิฐหรือแดงอิฐ แต่กระบวนการกัดกร่อนหรือการเกิดสนิมนั้นเกิดได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำจากทองแดง เหล็ก หรือสังสะสี ได้เช่นกัน สีของสนิมที่เกิดขึ้นที่พบได้ทั่วไปนอกจากสีแดงอิฐ ก็คือสีเขียวซึ่งเป็นสนิมที่เกิดจากทองแดง"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 2, สัมภาษณ์,4 ธันวาคม 2563)

"...นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องในประเด็นว่าแบตเตอรี่จะเกี่ยวข้องในเรื่องเซลล์กัลวานิกเท่านั้น แต่ความเข้าใจที่ถูกต้องคือว่าแบตเตอรี่จะใช้หลักการของทั้งเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ เช่น ในเรื่องเซลล์ปฐมภูมิ แบตเตอรี่รถยนต์ในการประจุไฟฟ้าจะใช้หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาเกี่ยวข้อง ในเรื่องการเกิดสนิมนักเรียนเค้าเข้าใจว่าสนิมเกิดกับพวกเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำจากเหล็กเท่านั้น ทั้งที่จริง ๆ แล้วสนิมอาจเกิดขึ้นกับพวกทองแดง สังกะสี ได้ด้วย ที่เห็นได้ทั่วไปคือสนิมสีเขียวของทองแดง"

(ผู้ให้ข้อมูล คนที่ 3, สัมภาษณ์,6 ธันวาคม 2563)

จากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากแหล่งข้อมูลในระหว่างวันที่ 1-15 ธันวาคม พ.ศ.2563 จำนวน 3 คน จากการสัมภาษณ์และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และลดทอนข้อมูล พบว่าในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า นักเรียนอาจจะเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใน 4 หัวข้อ ดังภาพประกอบ 16

ซึ่งผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 ต่อไป

ภาพประกอบ 20 แผนภาพแสดงประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

2.1 การวิเคราะห์สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย(*M*) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ความเบ้ (SK) ความโด่ง(KU) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7.60 และ 4.56 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 1.50 และ 2.06 ตามลำดับ สำหรับค่าความเบ้ มีค่าเท่ากับ 0.35 และ 0.53 ตามลำดับ แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะโค้งเบ้ขวา และค่าความโด่งของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.01 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่มีลักษณะสูงกว่าโค้งปกติ ส่วนค่าความโด่งของนักเรียนกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ -0.80 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่มีลักษณะเตี้ยกว่าโค้งปกติ

ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 15.44 และ 12.32 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.26 และ 1.68 ตามลำดับ สำหรับค่าความเบ้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ -0.10 แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะโค้งเบ้ซ้าย ส่วนค่าความเบ้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.43 แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะโค้งเบ้ขวา และค่าความโด่งของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ -1.34 และ -0.76 ตามลำดับ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่มีลักษณะเตี้ยกว่าโค้งปกติ ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กลุ่ม	n	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน)				คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน)			
		M	SD	Sk	Ku	*M*	SD	Sk	Ku
กลุ่มทดลอง	25	7.60	1.50	0.35	0.01	15.44	2.26	-0.10	-1.34
กลุ่มควบคุม	25	4.56	2.06	0.53	-0.80	12.32	1.68	0.43	-0.76

ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 16.40 และ 13.12 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3.99 และ 3.46 ตามลำดับ สำหรับค่าความเบ้ มีค่าเท่ากับ 1.12 และ 1.93 ตามลำดับ แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะโค้งเบ้ทางขวา และและค่าความโด่งของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.40 และ 3.72 ตามลำดับ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่มีลักษณะสูงกว่าโค้งปกติ

ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 59.84 และ 47.76 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 11.27 และ 9.01 ตามลำดับ สำหรับค่าความเบ้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ -0.38 แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะโค้งเบ้ทางซ้าย ส่วนค่าความเบ้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.58 แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะโค้งเบ้ทางขวา และค่าความโด่งของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ -1.34 และ -0.76 ตามลำดับ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่มีลักษณะเตี้ยกว่าโค้งปกติ ดังตาราง 13

ตาราง 13ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

กลุ่ม	n	**คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน)**				**คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน)**			
		M	SD	Sk	Ku	*M*	SD	Sk	Ku
กลุ่มทดลอง	25	16.40	3.99	1.12	0.40	59.84	11.27	-0.38	-0.21
กลุ่มควบคุม	25	13.12	3.46	1.93	3.72	47.76	9.01	0.58	-0.66

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (One-way MANOVA)

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติที่ใช้ทดสอบ พบว่า การแจกแจงปกติ(Normality) ของข้อมูลที่ทดสอบด้วยสถิติ Shapiro-Wilk คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีการแจกแจงต่างจากปกติ (p=.04 และ p=.03 ตามลำดับ) และ การแจกแจงปกติ (Normality) ของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ (p=.22) ส่วน การแจกแจงปกติ(Normality) ของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีการแจกแจงต่างจากปกติ (p=.04)

จากการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม(Homogeneity of covariance matrices) โดยใช้สถิติ Box's M ในการทดสอบ พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ(Box's M= 4.08, F= .30, df1= 3, df2= 414720, p= .27) และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตามทั้งสองตัวด้วยด้วย Levene's Test ผลการทดสอบพบว่าความแปรปรวนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกันในแต่ละการจัดการเรียนรู้อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F= 3.41 , p=.07 และ F= 0.92 , p=.34) และเมื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามโดยใช้ Bartlett's Test of Sphericity พบว่า ตัวแปรตามระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2= 145.69, df= 2, p=.00) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม ดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นในนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้

Box's M	F	df1	df2	p-value
4.08	.30	3	414720	.27
Bartlett's Test of Sphericity			df2	p-value
145.69			2	.00
Levene's Test	F	df1	df2	p-value
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	3.41	1	48	.07
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	0.92	1	48	.34

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Pillai's Trace F=15.32, p= .00, Wilks' Lambda F=15.32, p= .00, Hotelling's Trace F=15.32, p= .00 และ Roy's Largest Root F=15.32, p= .00) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=30.81, df= 1, p= .00)และค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติอย่างมีนยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=17.53, df= 1, p= .00) ดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการจัดการเรียนรู้

Effect	Multivariate Tests	Value	F	Hypothesis df	Error df	p-value
การจัดการเรียนรู้	Pillai's Trace	0.40	15.32*	2.00	47.00	.00
	Wilks' Lambda	0.61	15.32*	2.00	47.00	.00
	Hotelling's Trace	0.65	15.32*	2.00	47.00	.00
	Roy's Largest Root	0.65	15.32*	2.00	47.00	.00

Test of Between-Subjects Effects

แหล่งความแปรปรวน	ตัวแปรตาม	SS	df	MS	F	p-value
การจัดการเรียนรู้	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	121.68	1	121.68	30.81*	.00
	มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	1824.08	1	1824.08	17.53*	.00
ความคลาดเคลื่อน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	189.60	48	3.95		
	มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	4995.98	48	104.08		
รวมทั้งหมด	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	9944.00	50			
	มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	151542.00	50			

หมายเหตุ * $p < .05$

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย Marley W. Watkins พบว่าค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า อยู่ในระดับสูงมาก (Very Large Effect Size) (Glass'sΔ= 1.86, Cohen's d= 1.57, Hedges's Unbiased d=1.54) แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย Marley W. Watkins พบว่าค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า อยู่ในระดับสูงมาก (Very Large Effect Size) (Glass'sΔ= 1.34, Cohen's d= 1.18, Hedges's Unbiased d=1.17) แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ

2.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ด้วยสถิติ Hotelling's T^2

จากการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามทั้งสองโดยใช้ Bartlett's Test of Sphericity พบว่า ตัวแปรตามระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2= 86.21, df= 2, p=.00) ซึ่งเป็นไปตาม ข้อตกลงเบื้องต้น ดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

Bartlett's Test of Sphericity	
Likelihood Ratio	.00
Approx. chi square	86.21
df	2
p	.00

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า Hotelling's T^2 = 437.70 (Pillai's Trace F=214.29, p= .00, Wilks' Lambda F=214.29, p= .00, Hotelling's Trace F=214.29, p= .00 และ Roy's Largest Root F=214.29, p= .00) เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=106.57, p= .00) และค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=372.95, p= .00) ดังตาราง 17

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Hotelling's T^2

Effect	Multivariate Tests	Value	F	Hypothesis df	Error df	p-value
ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้	Pillai's Trace	.90	214.29*	2.00	47.00	.00
	Wilks' Lambda	.10	214.29*	2.00	47.00	.00
	Hotelling's Trace	9.12	214.29*	2.00	47.00	.00
	Roy's Largest Root	9.12	214.29*	2.00	47.00	.00

Test of Between-Subjects Effects

ตัวแปรตาม	SS	df	MS	F	p-value
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	968.00	1	968.00	106.57*	.00
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	24642.00	1	24642.00	372.95*	.00

Hotelling's T^2 = 437.70

หมายเหตุ * $p < .05$

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย Marley W. Watkins พบว่าค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า อยู่ในระดับสูงมาก (Very Large Effect Size) (Glass'sΔ= 5.87, Cohen's d= 2.92, Hedges's Unbiased d=2.87) แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย Marley W. Watkins พบว่าค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า อยู่ในระดับสูงมาก (Very Large Effect Size) (Glass'sΔ= 19.64, Cohen's d= 5.46, Hedges's Unbiased d=5.38) แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.4 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการวิจัยแบบผสานวิธี(Mixed methods) โดยใช้รูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง(Mixed Methods Experimental(or Intervention) Designs) ซึ่งผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักและในช่วงก่อนและระหว่างการวิจัยนั้นผู้วิจัยได้สอดแทรกการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

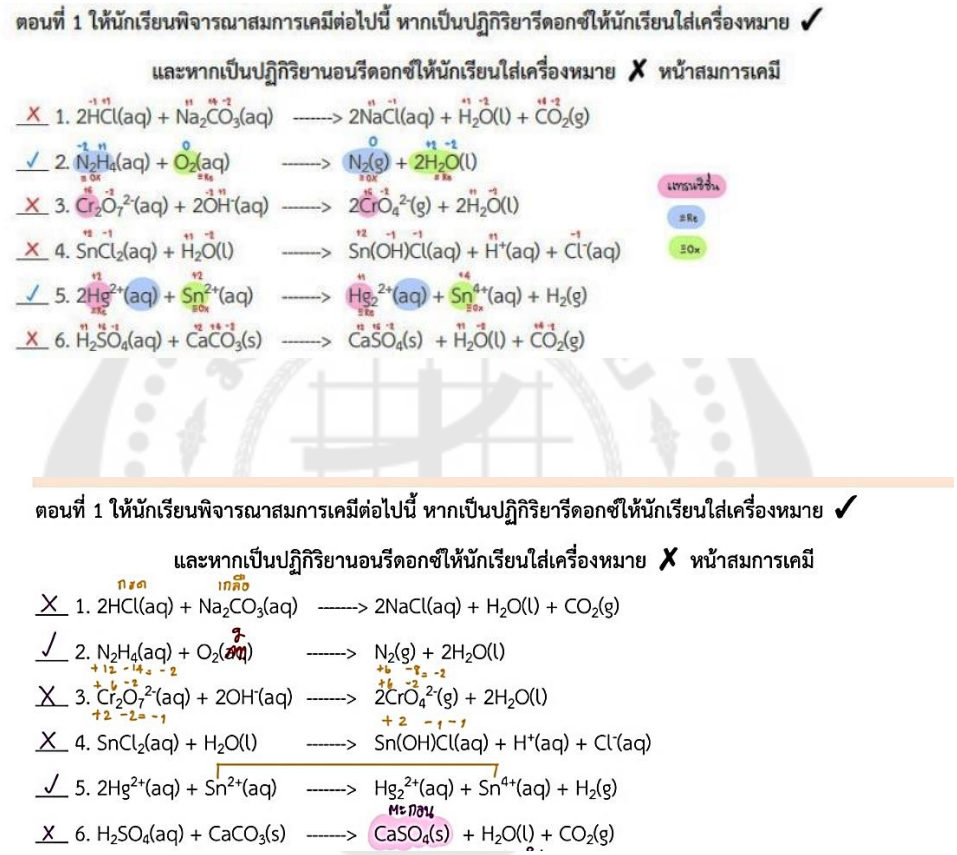
จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ผู้วิจัยทำการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีรายละเอียด ดังตาราง 18

ตาราง 18 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC

การสังเกตพฤตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC							
ขั้นการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้	**ขั้นการตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน**	**ขั้นการแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้**	**ขั้นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา**	**ขั้นการทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง**	**ขั้นแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**	**ขั้นการนำมโนทัศน์ไหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน**	**ขั้นการประเมินผล**
- นักเรียนมีความสนใจในบริบทการเรียนรู้ที่จะได้เรียน -นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาที่กำลังจะเรียน -นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะได้รับการจัดการเรียนรู้	- นักเรียนกระตือรือร้นที่จะตอบคำถามเมื่อผู้วิจัยตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็นตามความเข้าใจของตนเอง -นักเรียนการตอบคำถามตามสิ่งที่ตนเองเข้าใจ - นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้เดิมกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน	- เมื่อนำเสนอเหตุการณ์หรือข้อสรุปที่แตกต่าง นักเรียนเกิดข้อสงสัยกับประเด็นที่นำเสนอสังเกตได้จากนักเรียนตั้งข้อคำถามกับผู้วิจัยเมื่อไม่เข้าใจสิ่งที่นำเสนอ -นักเรียนตอบคำถามตามความรู้เดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมออกมาให้เห็น	- นักเรียนเกิดข้อสงสัยกับประเด็นที่นำเสนอเนื่องมาจากขัดแย้งกับความรู้และมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม -นักเรียนตอบคำถามตามความรู้และมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม - นักเรียนต้องการที่จะได้รับการเรียนรู้ที่ตรงตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ	- นักเรียนกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้รับ -นักเรียนอภิปรายและลงข้อสรุปกันภายในกลุ่มใน มีการโต้แย้งและสร้างข้อสรุปกันภายในแต่ละกลุ่ม	-นักเรียนตอบคำถามทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่มและตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง -นักเรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหลังเรียน	-นักเรียนนำมโนทัศน์ไปใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้อง สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนและประยุกต์ใช้แก้ไขโจทย์ปัญหาได้มากยิ่งขึ้น	-นักเรียนสะท้อนความรู้ของนักเรียนได้ดีมากขึ้น ระบุมโนทัศน์ที่มีอยู่ก่อนเรียนและหลังเรียนได้ พิจารณาว่าตนเองเกิดเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้หรือไม่

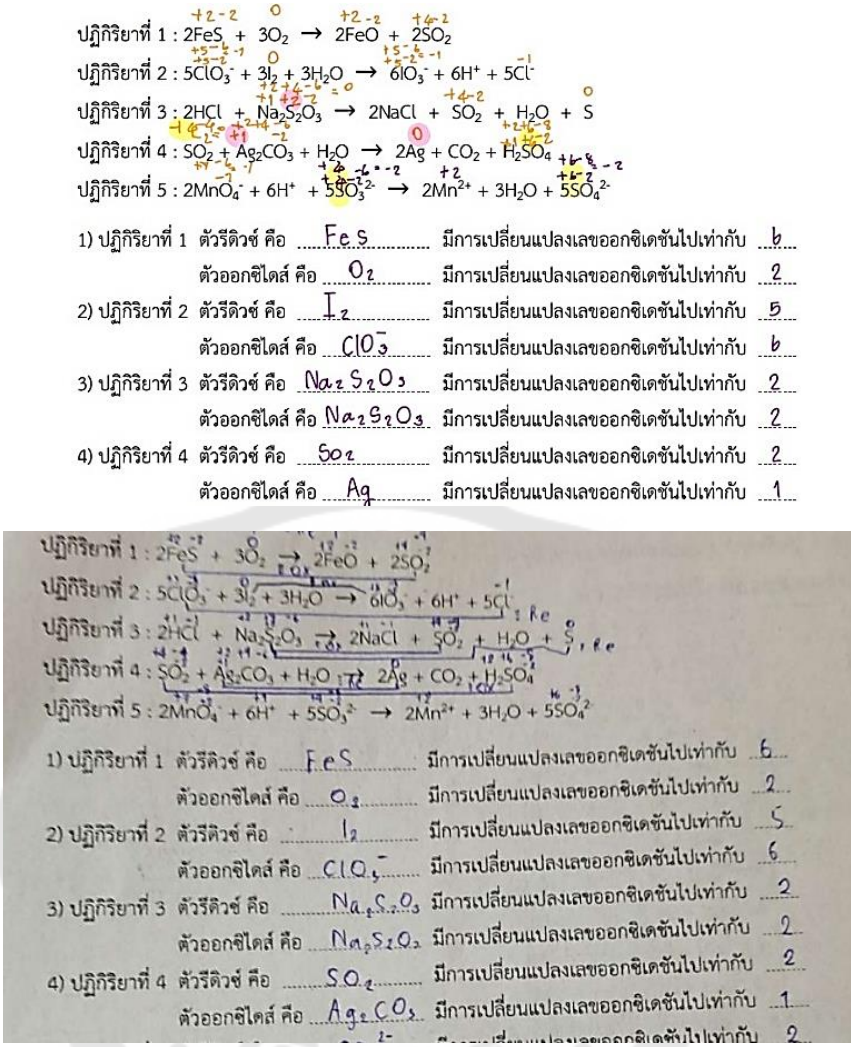
2.4.2 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยทำการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนผ่านการทำแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นแบบฝึกหัดในคาบเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้



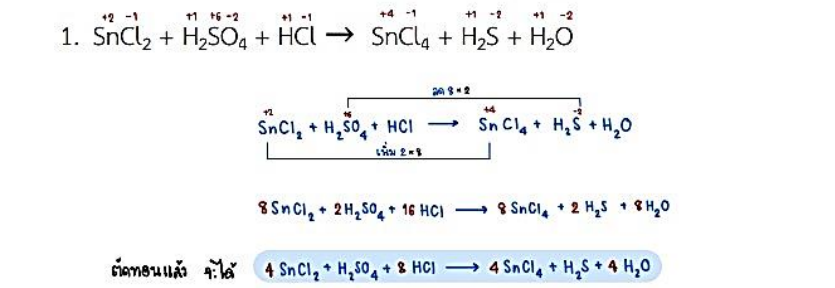
ภาพประกอบ 21 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์จากแบบบันทึกกิจกรรม

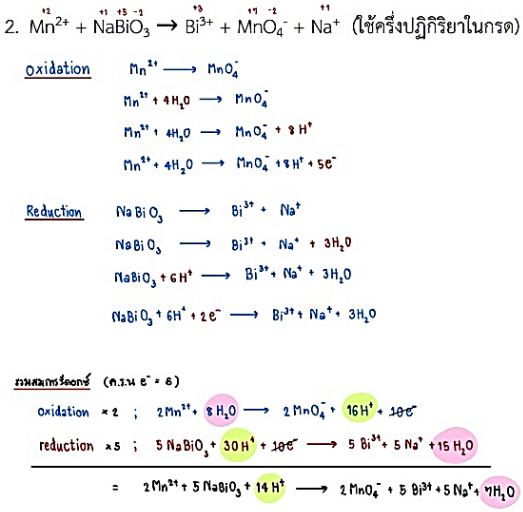
จากภาพประกอบ 21 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ในโจทย์ข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์และปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ได้อย่างถูกต้อง โดยคำตอบของนักเรียนมีการอธิบายเป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ นักเรียนสามารถนำหลักการพิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์มาใช้ในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน

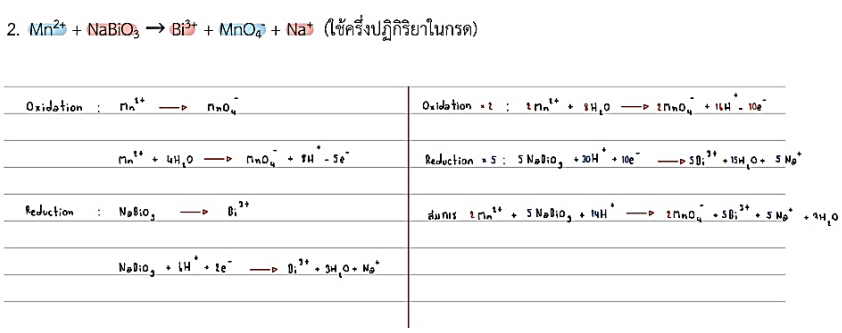


ภาพประกอบ 22 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิริยารีดอกซ์จากแบบบันทึกกิจกรรม

จากภาพประกอบ 22 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ในโจทย์ข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์และระบุตัวรีดิซ์และตัวออกซิไดส์ได้ และบอกได้ว่าเลขออกซิเดชันของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับใดได้อย่างถูกต้อง นักเรียนมีการอธิบายเป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลประกอบชัดเจน

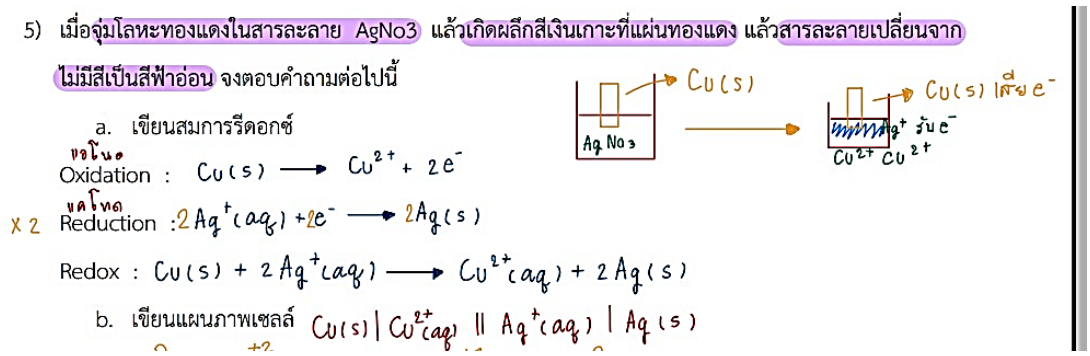


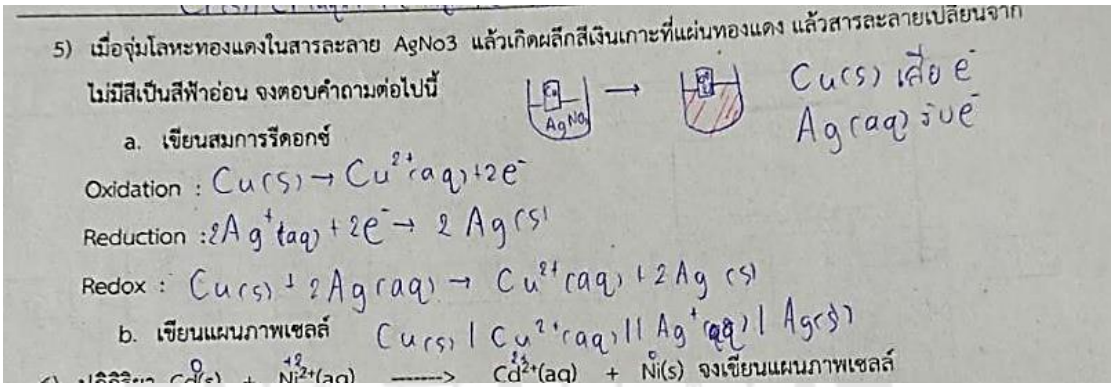




ภาพประกอบ 23 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์จากแบบบันทึกกิจกรรม

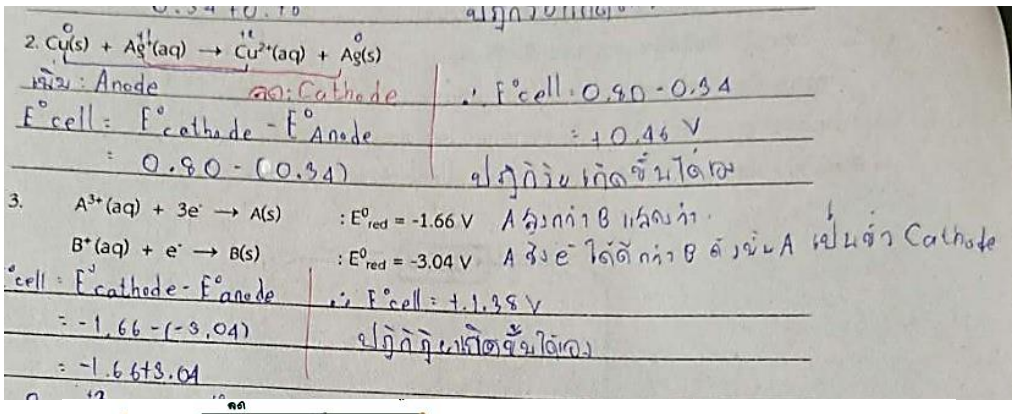
จากภาพประกอบ 23 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถดุลสมการรีดอกซ์จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สามารถนำมโนทัศน์จากเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์มาอธิบายการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและประยุกต์ใช้ในการดุลสมการรีดอกซ์ที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนการดำเนินการได้อย่างถูกต้อง





ภาพประกอบ 24 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบบันทึกกิจกรรม

จากภาพประกอบ 24 แสดงให้เห็นว่านักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์มาเขียนสมการรีดอกซ์และครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันได้ถูกต้องและชัดเจน และนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าเขียนแผนภาพของเซลล์จากโจทย์ที่กำหนดให้ถูกต้องและชัดเจน



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

เพิ่ม : Anode ลด : Cathode

$E^{\circ}cell = E^{\circ}cathode - E^{\circ}Anode$

$= 0.80 - (0.34)$

$\therefore E^{\circ}cell = 0.80 - 0.34$

$= +0.46\ V$

ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เอง

3. $A^{3+}(aq) + 3e^{-} \longrightarrow A(s)$: $E^{0}_{red} = -1.66\ V$ A สูงกว่า B แสดงว่า A ชิง e^{-} ได้ดีกว่า B ดังนั้น A เป็นขั้ว Cathode

$B^{+}(aq) + e^{-} \longrightarrow B(s)$: $E^{0}_{red} = -3.04\ V$

$E^{\circ}cell = E^{\circ}cathode - E^{\circ}anode$

$= -1.66 - (-3.04)$

$= -1.66 + 3.04$

$\therefore E^{\circ}cell = +1.38\ V$

ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เอง

2. $\overset{0}{Cu}(s) + \overset{+1}{Ag^{+}}(aq) \longrightarrow \overset{+2}{Cu^{2+}}(aq) + \overset{0}{Ag}(s)$

เพิ่ม : Oxidation : Anode

$E^{\circ}cell = E^{\circ}cathode - E^{\circ}anode = +0.46\ V$ เกิดได้เอง

$= 0.80 - 0.34$

3. $A^{3+}(aq) + 3e^{-} \longrightarrow A(s)$: $E^{0}_{red} = -1.66\ V$ E° สูงกว่าเป็น แคโทด

$B^{+}(aq) + e^{-} \longrightarrow B(s)$: $E^{0}_{red} = -3.04\ V$

$E^{\circ}cell = E^{\circ}cathode - E^{\circ}anode$

$= -1.66 - (-3.04)$

$= -1.66 + 3.04 = +1.38\ V$ เกิดขึ้นได้เอง

2. $\overset{0}{Cu}(s) + \overset{+1}{Ag^{+}}(aq) \longrightarrow \overset{+2}{Cu^{2+}}(aq) + \overset{0}{Ag}(s)$

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{cat} - E^{\circ}_{an}$ $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Ag^{+}(aq) \mid Ag(s)$

$= 0.80 - 0.34$

$\therefore E^{\circ}_{cell} = +0.46\ V$ (ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เอง)

3. $A^{3+}(aq) + 3e^{-} \longrightarrow A(s)$: $E^{0}_{red} = -1.66\ V$ —— (1)

$B^{+}(aq) + e^{-} \longrightarrow B(s)$: $E^{0}_{red} = -3.04\ V$ —— (2)

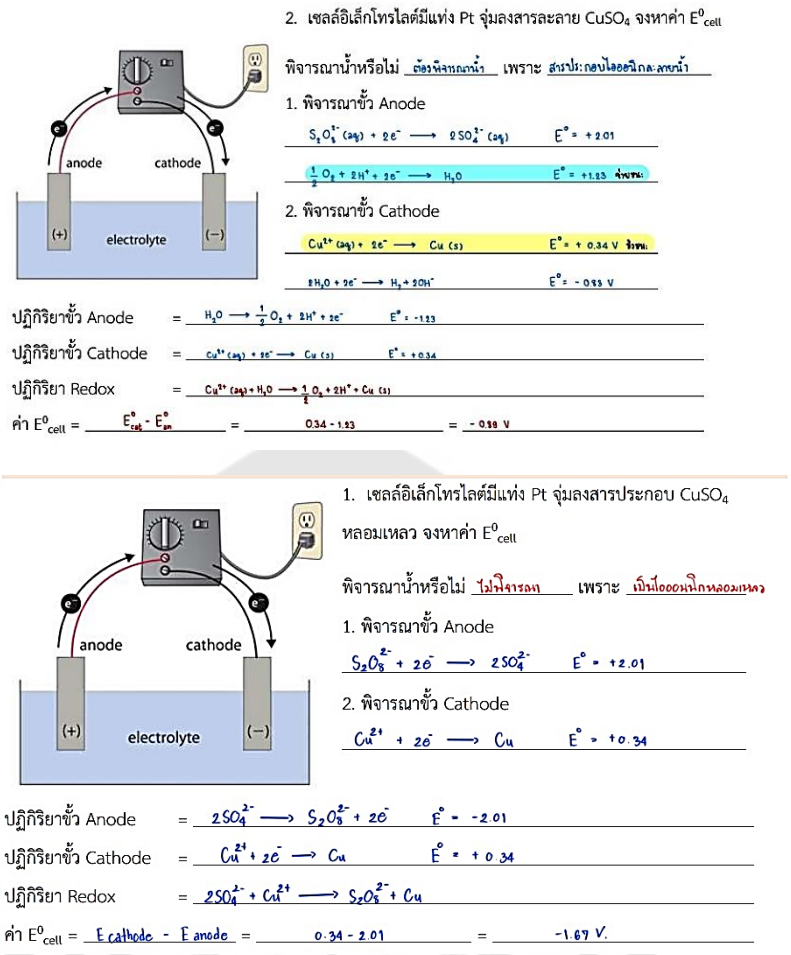
$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{cat} - E^{\circ}_{an}$ นำ (2) $\times 3$; $3B^{+}(aq) + 3e^{-} \longrightarrow 3B(s)$ $E^{\circ}_{red} = -3.04\ V$ —— (3)

$= -1.66 - (-3.04)$ (1) $-$ (3) ; $A^{3+} + 3B \longrightarrow A + 3B^{+}$

$\therefore E^{\circ}_{cell} = +1.38\ V$ (ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองได้) $E^{\circ}_{cell} = -1.66 - (-3.04) = 1.38\ V$ (ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองได้)

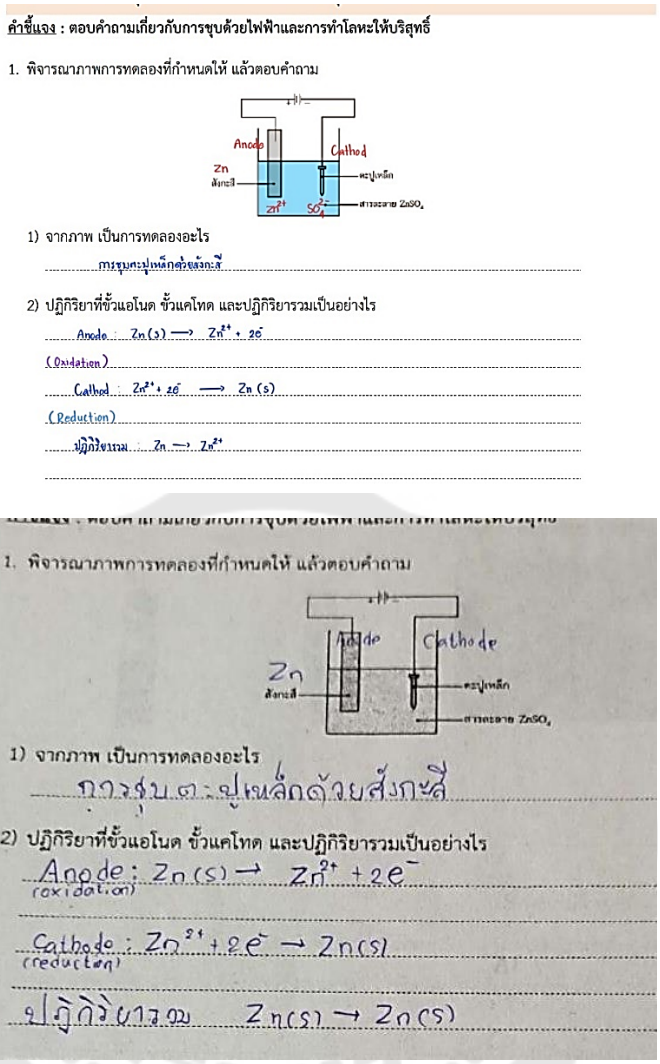
ภาพประกอบ 25 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากแบบบันทึกกิจกรรม

จากภาพประกอบ 25 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ แสดงวิธีการหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอน โดยการนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มาใช้ในการตอบคำถามอย่างถูกต้องและชัดเจนอีกด้วย มีการอธิบายการหาคำตอบเป็นลำดับขั้นโดยใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและประยุกต์ใช้มโนทัศน์เรื่องอื่นๆ มาใช้ในการหาคำตอบอีกเช่นกัน



ภาพประกอบ 26 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากแบบบันทึกกิจกรรม

จากภาพประกอบ 26 แสดงให้เห็นได้ว่านักเรียนอธิบายหลักการหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดเรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลติกโดยให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ อธิบายเป็นลำดับขั้นตอน โดยนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมาตอบคำถามและแก้ไขโจทย์ปัญหา มีการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ



คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

1. พิจารณาภาพการทดลองที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม

1) จากภาพ เป็นการทดลองอะไร

การชุบสังกะสีด้วยแท่งเหล็ก

2) ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารวมเป็นอย่างไร

Anode $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$
(Oxidation)

Cathod $Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$
(Reduction)

ปฏิกิริยารวม $Zn \longrightarrow Zn^{2+}$

1. พิจารณาภาพการทดลองที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม

1) จากภาพ เป็นการทดลองอะไร

การชุบสังกะสีด้วยแท่งเหล็ก

2) ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารวมเป็นอย่างไร

Anode : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$
(oxidation)

Cathode : $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(s)$
(reduction)

ปฏิกิริยารวม $Zn(s) \rightarrow Zn(s)$

ภาพประกอบ 27 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบบันทึกกิจกรรม

จากภาพประกอบ 27 แสดงให้เห็นได้ว่าเป็นโจทย์ที่ให้นักเรียนพิจารณาการทดลองและให้อธิบายการทดลองที่เกิดขึ้น นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเป็นการชุบโลหะ เนื่องมาจากนักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้า จึงสามารถอธิบายการหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนด ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ความรู้จากเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า มาอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแคโทด และขั้วแอโนด และปฏิกิริยารวมที่โจทย์กำหนดให้ได้

เมื่อนำโลหะคู่หนึ่งคู่ใดมาไว้ใกล้กัน โลหะชนิดใดจะผุกร่อน E° ต่ำกว่า ผุกร่อน

โลหะที่นำมาไว้ใกล้กัน	โลหะที่ผุกร่อน
แมกนีเซียมกับดีบุก	Mg
อะลูมิเนียมกับเหล็ก	Al
ตะกั่วกับเหล็ก	Fe
โครเมียมกับอะลูมิเนียม	Al
ดีบุกกับตะกั่ว	Sn
ตะกั่วกับโครเมียม	Cr
แมกนีเซียมกับโครเมียม	Mg
ดีบุกกับโครเมียม	Cr
เหล็กกับตะกั่ว	Fe
ตะกั่วกับอะลูมิเนียม	Al
เหล็กกับดีบุก	Fe
แมกนีเซียมกับตะกั่ว	Mg
โครเมียมกับเหล็ก	Cr
อะลูมิเนียมกับแมกนีเซียม	Mg

2. บอกพร้อมอธิบายวิธีการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะมา 4 วิธี

1. ทาสี / ขัดเงา ป้องกัน O_2 และ H_2O ที่เหมาะสุด
2. แคโทดิก ทำให้โลหะอยู่ในสภาวะ Reduction
3. อะโนไดส์ ให้แอโนดเกิดออกไซด์กัน O_2
4. รมดำ นำโลหะมาต้มกับสารละลายรมดำ

ภาพประกอบ 28 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบบันทึกกิจกรรม

จากภาพประกอบ 28 แสดงให้เห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายการผุกร่อนของโลหะได้เนื่องจากนักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เร่องการป้องกันการผุกร่อนที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้มาใช้ในการตอบคำถามและนักเรียนสามารถนำเสนอแนวทางการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนพร้อมให้เหตุผลในการตอบคำถาม

จากการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมีเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองจากแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC**	**หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC**
เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	- นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุว่าปฏิกิริยาที่โจทย์กำหนดว่าเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ รวมทั้งยังเขียนอธิบายยความหมายและหลักการไม่ถูกต้อง - มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่สามารถอธิบายได้ว่าข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ตามความเข้าใจของตนเองได้อย่างกว้างๆ แต่ไม่ครบถ้วน และยังอธิบายความหมายและหลักการได้ไม่ถูกต้อง	- นักเรียนสามารถระบุได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ในโจทย์ข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนมีการอธิบายเป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ สามารถนำหลักการพิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์มาใช้ในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน - นักเรียนสามารถระบุได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ในโจทย์ข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้ และบอกได้ว่าเลขออกซิเดชันของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับใดได้อย่างถูกต้อง นักเรียนมีการอธิบายเป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลประกอบชัดเจน

ตาราง 19 (ต่อ)

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC	หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	- นักเรียนมีมโนทัศน์เดิมเรื่องการดุลสมการเคมีจากบทเรียนเดิม ที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียน - นักเรียนไม่สามารถดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาจากที่โจทย์กำหนด รวมทั้งยังเขียนอธิบายความหมายและหลักการของการดุลสมการรีดอกซ์ไม่ถูกต้อง	- นักเรียนสามารถดุลสมการรีดอกซ์จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ สามารถเขียนอธิบายหลักการดุลสมการแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้อง สามารถนำมโนทัศน์จากเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์มาอธิบายการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและประยุกต์ใช้ในการดุลสมการรีดอกซ์ที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนการดำเนินการได้อย่างถูกต้องชัดเจน
เซลล์เคมีไฟฟ้า	- นักเรียนไม่สามารถบอกส่วนประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ ไม่สามารถอธิบายหลักการทำงานของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ รวมทั้งเขียนแผนภาพเซลล์ไม่ถูกต้อง	- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สะพานเกลือ สามารถอธิบายหลักการทำงานของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ รวมทั้งเขียนแผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ถูกต้อง

ตาราง 19 (ต่อ)

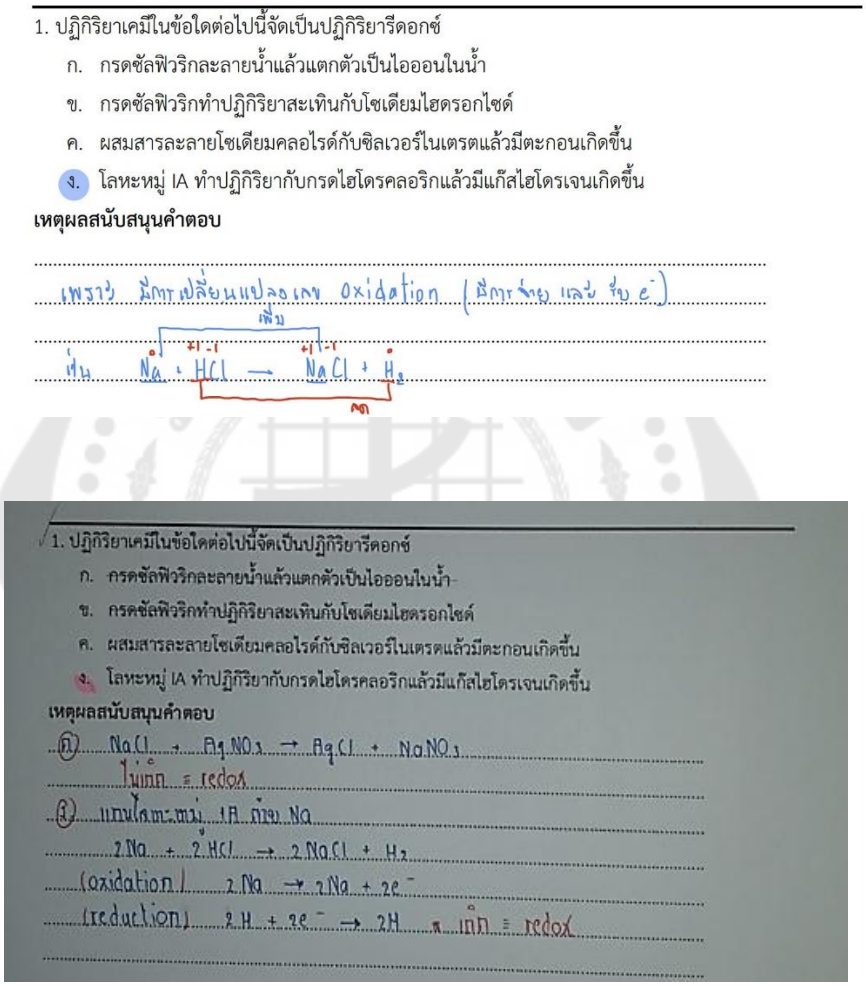
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC	หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์	- นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์รีดักชันจากฏิกิริยารีดอกซ์ที่โจทย์กำหนดได้อย่างถูกต้อง	- นักเรียนสามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ โดยแสดงวิธีการหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอน โดยการนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มาใช้ในการตอบคำถามอย่างถูกต้องและชัดเจนอีกด้วย สามารถอธิบายการหาคำตอบเป็นลำดับขั้นและประยุกต์ใช้มโนทัศน์เรื่องอื่นๆมาใช้ในการหาคำตอบ - นักเรียนสามารถอธิบายหลักการหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดเรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลติก อธิบายเป็นลำดับขั้นตอนโดยนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมาตอบคำถามและแก้ไขโจทย์ปัญหา มีการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ

ตาราง 19 (ต่อ)

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC	หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
ประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้า	- นักเรียนมีมโนทัศน์เดิมเรื่องการเกิดสนิมของเหล็ก การชุบโลหะ เนื่องจากสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน แต่ไม่สามารถอธิบายหลักการได้อย่างถูกต้อง - นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายหลักการของการเกิดสนิมเหล็ก การผุกร่อนของโลหะ การชุบโลหะ ได้ถูกต้องตามหลักการ	- นักเรียนพิจารณาการทดลองและให้อธิบายการทดลองที่เกิดขึ้น นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเป็นการชุบโลหะ เนื่องมาจากนักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้า จึงสามารถอธิบายการหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนด ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ความรู้จากเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้ามาอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแคโทด และขั้วแอโนด และปฏิกิริยารวมที่โจทย์กำหนดให้ได้ -นักเรียนสามารถอธิบายการผุกร่อนของโลหะได้เนื่องจากนักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องการป้องกันการผุกร่อนที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้มาใช้ในการตอบคำถามและนักเรียนสามารถนำเสนอแนวทางการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนพร้อมให้เหตุผลในการตอบคำถาม

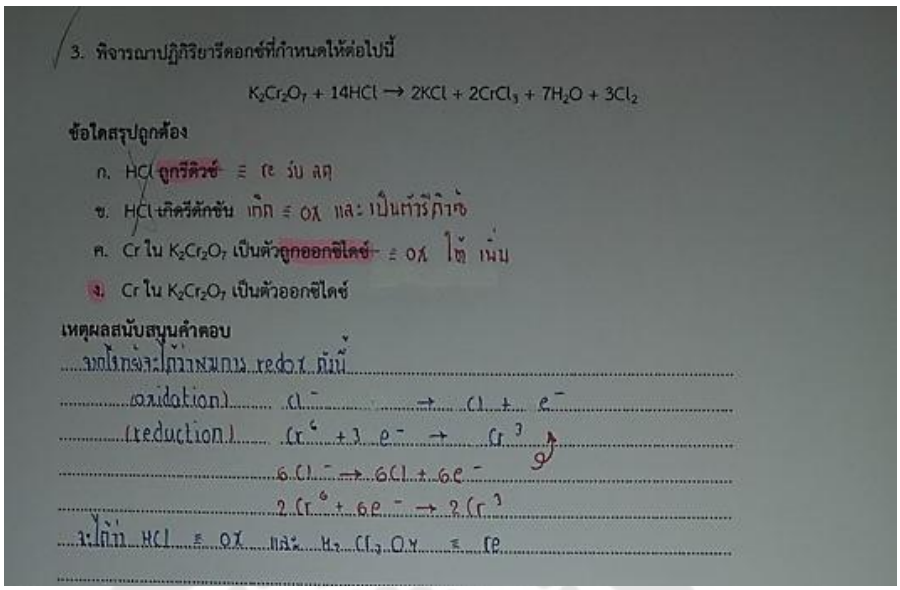
2.4.3 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ผู้วิจัยทำการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนผ่านแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 29 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 29 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเขียนให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบโดยใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ อธิบายว่าทำไมจึงเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง เนื่องจากปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออซิเดชันของธาตุได้อย่างถูกต้องและชัดเจน



3. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$$

ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. HCl ถูกรีดิวซ์

ข. HCl เกิดรีดักชัน

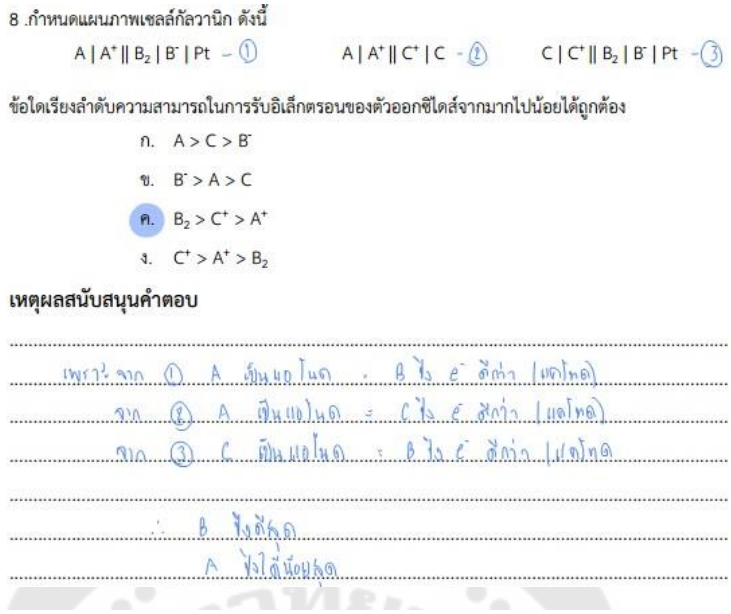
ค. Cr ใน $K_2Cr_2O_7$ เป็นตัวถูกออกซิไดซ์

ง. Cr ใน $K_2Cr_2O_7$ เป็นตัวออกซิไดซ์

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

ภาพประกอบ 30 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 30 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบซึ่งเขียนเป็นลำดับขั้นตอน โดยมีการหาเลขออกซิเดชันของสารที่เปลี่ยนแปลงไปของธาตุเพื่อหาคำตอบว่าธาตุตัวใดเป็นตัวออกซิไดส์(ตัวถูกรีดิวซ์)หรือตัวรีดิวซ์(ตัวถูกออกซิไดส์)ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน



8 .กำหนดแผนภาพเซลล์กัลวานิก ดังนี้

$A \mid A^+ \parallel B_2 \mid B^- \mid Pt$ – ① $A \mid A^+ \parallel C^+ \mid C$ - ② $C \mid C^+ \parallel B_2 \mid B^- \mid Pt$ -③

ข้อใดเรียงลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. $A > C > B^-$

ข. $B^- > A > C$

ค. $B_2 > C^+ > A^+$

ง. $C^+ > A^+ > B_2$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

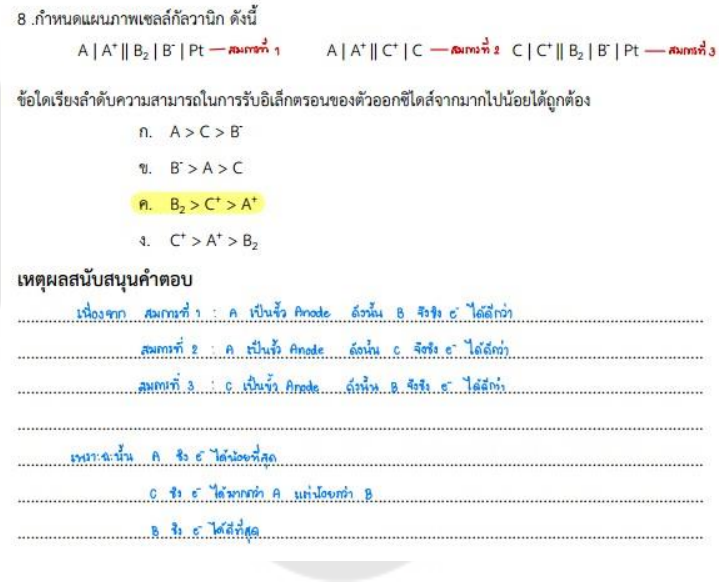
เพราะ จาก ① A เป็นแอโนด ∴ B ให้ e^- ยากกว่า (แคโทด)

จาก ② A เป็นแอโนด ∴ C ให้ e^- ยากกว่า (แคโทด)

จาก ③ C เป็นแอโนด ∴ B ให้ e^- ยากกว่า (แคโทด)

∴ B ให้ดีที่สุด

A ให้ได้น้อยที่สุด



8 .กำหนดแผนภาพเซลล์กัลวานิก ดังนี้

$A \mid A^+ \parallel B_2 \mid B^- \mid Pt$ — สมการที่ 1 $A \mid A^+ \parallel C^+ \mid C$ — สมการที่ 2 $C \mid C^+ \parallel B_2 \mid B^- \mid Pt$ — สมการที่ 3

ข้อใดเรียงลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. $A > C > B^-$

ข. $B^- > A > C$

ค. $B_2 > C^+ > A^+$

ง. $C^+ > A^+ > B_2$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

เนื่องจาก สมการที่ 1 : A เป็นขั้ว Anode ดังนั้น B จึงรับ e^- ได้ดีกว่า

สมการที่ 2 : A เป็นขั้ว Anode ดังนั้น C จึงรับ e^- ได้ดีกว่า

สมการที่ 3 : C เป็นขั้ว Anode ดังนั้น B จึงรับ e^- ได้ดีกว่า

เพราะฉะนั้น A รับ e^- ได้น้อยที่สุด

C รับ e^- ได้มากกว่า A แต่น้อยกว่า B

B รับ e^- ได้ดีที่สุด

ภาพประกอบ 31 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จาก
แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

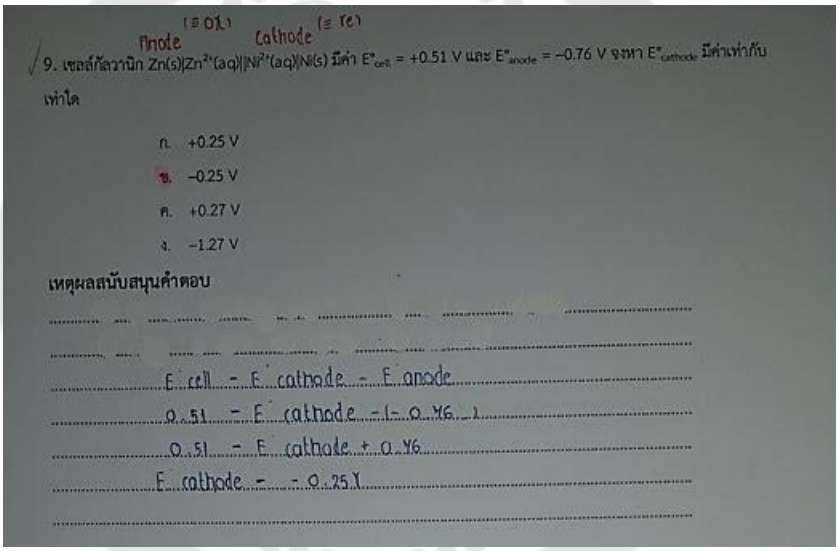
จากภาพประกอบ 31 แสดงให้เห็นนักเรียนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนการได้มาซึ่งคำตอบของการเปรียบความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากแผนภาพเซลล์ที่กำหนดให้ โดยมีการนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนอย่างถูกต้องและชัดเจน

9. เซลล์กัลวานิก $Zn(s)|Zn^{2+}(aq)||Ni^{2+}(aq)|Ni(s)$ มีค่า E°_{cell} = +0.51 V และ E°_{anode} = −0.76 V จงหา $E^{\circ}_{cathode}$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. +0.25 V
ข. −0.25 V
ค. +0.27 V
ง. −1.27 V

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

$E^{\circ}cell = E^{\circ}cat - E^{\circ}anode$
$+0.51\ V = E^{\circ}cat - (-0.76)V$
$= 0.51 - 0.76$
$E^{\circ}cat = -0.25\ V$ #



ภาพประกอบ 32 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 32 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบได้อย่างถูกต้องและชัดเจนด้วยการนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหา โดยแสดงวิธีการหาคำตอบเป็นลำดับขั้นตอนในการคำนวณการหาค่า $^{0}E_{cathode}$

11. แผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้า ข้อใดมีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันมากที่สุด

กำหนดให้

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ $E^o = -0.76$ V

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

$Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$ $E^o = -0.28$ V

$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$ $E^o = -1.18$ V

ก. $Mn \mid Mn^{2+} \parallel Fe^{2+} \mid Fe$

ข. $Mn \mid Mn^{2+} \parallel Co^{2+} \mid Co$

ค. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Co^{2+} \mid Co$

ง. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Fe^{2+} \mid Fe$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

ก) $Mn(s) \mid Mn^{2+}(aq) \parallel Fe^{2+}(aq) \mid Fe(s)$

$E^o_{cell} = E_{cat} - E_{an} = -0.44 - (-1.18) = +0.74$ V

ข) $Mn(s) \mid Mn^{2+}(aq) \parallel Co^{2+}(aq) \mid Co(s)$

$E^o_{cell} = E_{cat} - E_{an} = -0.28 - (-1.18) = +0.90$ V (มากที่สุด)

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

$E^o_{cell} = E_{cat} - E_{an} = -0.28 - (-0.76) = +0.48$ V

ง) $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Fe^{2+}(aq) \mid Fe(s)$

$E^o_{cell} = E_{cat} - E_{an} = -0.44 - (-0.76) = +0.32$ V

ภาพประกอบ 33 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องศักย์ไฟฟ้าของเซลล์
จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 33 พบว่านักเรียนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบในการคำนวณศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ถูกต้อง มีการอธิบายการคำนวณเป็นลำดับขั้นตอนพร้อมทั้งการเปรียบเทียบผลที่ได้ของคำตอบเพื่อใช้ในการเลือกตัวเลือกที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องและชัดเจนอีกด้วย

16. ในการแยกสารละลาย Na_2SO_4 ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้แท่งคาร์บอนเป็นอิเล็กโทรดจะได้สารใหม่เกิดขึ้นที่แอโนดและแคโทดในข้อใดตามลำดับ

กำหนดให้

$Na^+(aq) + e^- \rightarrow$	$Na(s)$	$E^\circ = -2.71$ V
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow$	$2SO_4^{2-}(aq)$	$E^\circ = +2.01$ V
$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \rightarrow$	$2H_2O(l)$	$E^\circ = +1.23$ V
$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow$	$H_2(g) + 2OH^-$	$E^\circ = -0.83$ V

ก. H_2 และ O_2

ข. O_2 และ H_2

ค. Na และ $S_2O_8^{2-}$

ง. $S_2O_8^{2-}$ และ Na

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

Anode เกิดน้ำ เกาะต่ำ น้อย

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

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ $E^\circ = 1.23$ V (ต่ำน้อย)

แอโนดได้ $2H_2O \rightarrow O_2$

Cathode เกิดน้ำ เกาะต่ำมาก

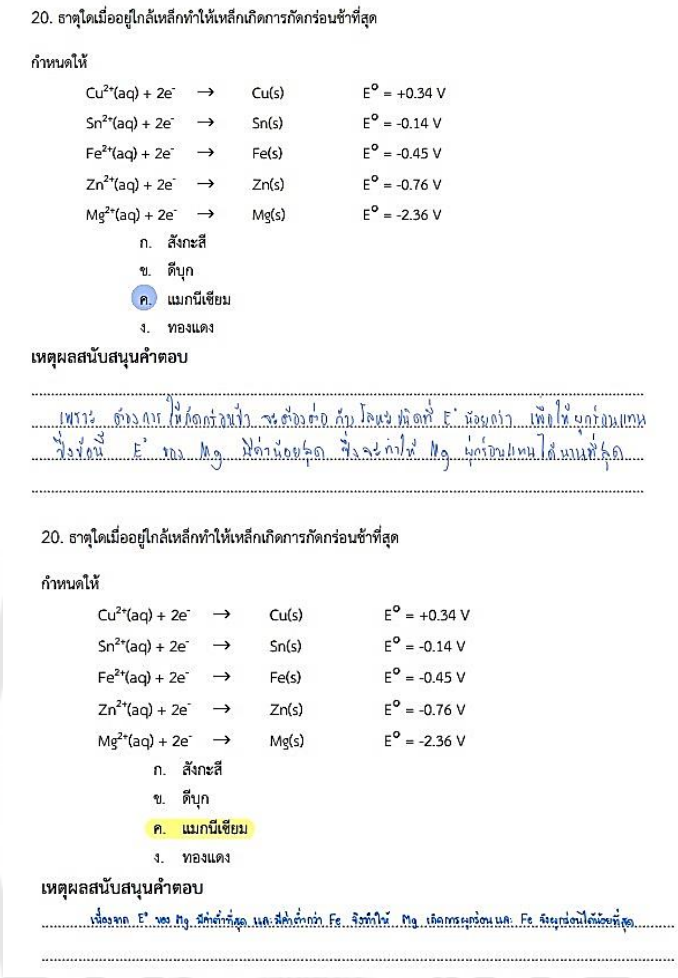
$Na^+ + e^- \rightarrow Na(s)$ $E^\circ = -2.71$

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $E^\circ = -0.83$ (ต่ำมาก)

แคโทดได้ $2H_2O \rightarrow H_2$

ภาพประกอบ 34 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้าจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 34 พบว่านักเรียนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบในการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและชัดเจน มีการอธิบายหลักการเลือกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลในการเลือกคำตอบอีกด้วย



20. ธาตุใดเมื่ออยู่ใกล้เหล็กทำให้เหล็กเกิดการกัดกร่อนช้าที่สุด

กำหนดให้

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $E^o = +0.34$ V

$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ $E^o = -0.14$ V

$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $E^o = -0.45$ V

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ $E^o = -0.76$ V

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

ก. สังกะสี

ข. ดีบุก

ค. แมกนีเซียม

ง. ทองแดง

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

เพราะ ต้องการให้เหล็กกร่อนช้า จะต้องต่อกับโลหะที่มี E° น้อยกว่า เพื่อให้มาเกิดแทน ซึ่งตัวนี้ E° ของ Mg มีค่าน้อยสุด ซึ่งจะทำให้ Mg มาเกิดแทนได้มากที่สุด

20. ธาตุใดเมื่ออยู่ใกล้เหล็กทำให้เหล็กเกิดการกัดกร่อนช้าที่สุด

กำหนดให้

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $E^o = +0.34$ V

$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ $E^o = -0.14$ V

$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $E^o = -0.45$ V

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ $E^o = -0.76$ V

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

ก. สังกะสี

ข. ดีบุก

ค. แมกนีเซียม

ง. ทองแดง

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

เนื่องจาก E° ของ Mg มีค่าต่ำที่สุด และมีค่าต่ำกว่า Fe จึงทำให้ Mg เกิดการผุกร่อน และ Fe จึงผุกร่อนได้น้อยที่สุด

ภาพประกอบ 35 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องประโยชน์เซลลเคมีฟ้าจาก
แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 3 5 พบว่านักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบในการเลือกธาตุที่จะทำให้เหล็กเกิดการกัดกร่อนช้าที่สุด โดยการนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้มาใช้ในการอธิบายการเลือกตัวเลือกที่โจทย์กำหนดให้อย่างถูกต้องและชัดเจน

จากการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมีเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ดังตาราง 20

ตาราง 20 ผลการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC	หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	- นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบระบุว่าปฏิกิริยาที่โจทย์กำหนดว่าเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ รวมทั้งยังเขียนอธิบายยความหมายและหลักการไม่ถูกต้อง - มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบอธิบายว่าข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือปฏิกิริยานอน รีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ตามความเข้าใจของตนเองได้อย่างกว้างๆ แต่ไม่ครบถ้วน	- นักเรียนสามารถเขียนให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบอธิบายว่าทำไมจึงเลือกตัวเลือกที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุได้อย่างถูกต้องและชัดเจน - นักเรียนสามารถระบุได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ในโจทย์ข้อใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ได้อย่างถูกต้อง สามารถนำหลักการพิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์มาใช้ในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน ระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้ และบอกได้ว่าเลขออกซิเดชันของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับใดได้อย่างถูกต้อง นักเรียนมีการอธิบายเป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลประกอบชัดเจน

ตาราง 20 (ต่อ)

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC	หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
เซลล์เคมีไฟฟ้า	- นักเรียนไม่เขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบระบุส่วนประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ ไม่สามารถอธิบายหลักการทำงานของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ รวมทั้งเขียนแผนภาพเซลล์ไม่ถูกต้อง -นักเรียนไม่สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบความสามรถในการรับอิเล็กตรอนได้	- นักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบระบุส่วนประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า สารละลาย อิเล็กโทรไลต์ สะพานเกลือ สามารถอธิบายหลักการทำงานของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ รวมทั้งเขียนแผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้าได้ถูกต้อง - นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนการได้มาซึ่งคำตอบของการเปรียบความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากแผนภาพเซลล์ที่กำหนดให้ โดยมีการนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนอย่างถูกต้องและชัดเจน
ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์	- นักเรียนไม่สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบอธิบายหลักการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์รีดักชันจากปฏิกิริยารีดอกซ์ที่โจทย์กำหนดได้อย่างถูกต้อง	- นักเรียนสามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ โดยแสดงวิธีการหาหาค่า ${}^{0}E_{cathode}$ อย่างเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายการหาคำตอบเป็นลำดับขั้นและประยุกต์ใช้มโนทัศน์เรื่องอื่นๆมาใช้ในการหาคำตอบ - นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบการเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ โดยประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากเรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้ามาใช้

ตาราง 20 (ต่อ)

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC	หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
ประโยชน์เซลล์เคมีไฟฟ้า	- นักเรียนไม่สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบอธิบายการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้าได้ตามหลักการ นักเรียนไม่สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบเรื่องการเกิดสนิมของเหล็ก การชุบโลหะตามหลักการได้ - นักเรียนเพียงบางคนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบอธิบายหลักการของการเกิดสนิมเหล็ก การผุกร่อนขอโลหะ การชุบโลหะ ได้แต่ไม่ถูกต้องตามหลักการ	-นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบในการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและชัดเจน มีการอธิบายหลักการเลือกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลในการเลือกคำตอบอีกด้วย - นักเรียนพิจารณาการทดลองการชุบโลหะและอธิบายการทดลองที่เกิดขึ้น สามารถเขียนอธิบายการหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนด ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน -นักเรียนสามารถอธิบายการผุกร่อนของโลหะได้เนื่องจากนักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องการป้องกันการผุกร่อนที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้มาใช้ในการตอบคำถามและนักเรียนสามารถนำเสนอแนวทางการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนพร้อมให้เหตุผลในการตอบคำถาม

2.5 ผลการตีความและสรุปผลระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ TMHCC

ภายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเช่นกัน กล่าวคือ จากการวิจัยระยะที่ 1 เป็นการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาสู่การศึกษาระยะที่ 2 เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน TMHCCและนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง ผลจากคะแนนที่สอดคล้องกันอันเนื่องมาจากภายหลังการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับและถูกต้อง นำไปสู่การเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ดังตาราง 21

ตาราง 21 การตีความและสรุปผลระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ TMHCC

ประเด็น	ข้อมูลเชิงปริมาณ		ข้อมูลเชิงคุณภาพ	ตีความและสรุปผล
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์	
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ TMHCC	นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=106.57, p= .00) มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก	นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F= 372.95, p= .00)มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก	จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนนักเรียนมีความกระตือรือร้นกล้าที่จะตอบคำถาม มีการโต้แย้งภายในกลุ่ม ตอบคำถามเพื่อทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่มและตรวจสอบความเข้าใจของตนเองตระหนักรู้ถึงความเป็นไปได้ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นและนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ความซับซ้อนและประยุกต์ใช้ได้ดีมากยิ่งขึ้น สามารถเขียนเหตุผลสนับสนุนตอบได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกันในเชิงยืนยัน (Confirmation) กล่าวคือ คะแนนที่สอดคล้องกันเนื่องมาจากภายหลังการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับและถูกต้อง นำไปสู่การเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายการวิจัยเพื่อ 1) เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 2) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีความมุ่งหมายการวิจัยรอง ดังนี้ 2.1) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ 2.2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และ 2.3) เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดราชบพิธ จำนวน 50 คน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย(Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลากโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มโดยที่ทั้งสองกลุ่มตัวอย่างมีความเท่าเทียมกันเนื่องจากการจัดห้องเรียนเป็นแบบคละความสามารถของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ 1)แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า 2) แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียน และ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

วิธีการวิจัยเป็นการวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed Methods Research) โดยใช้รูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Designs) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลักและในช่วงก่อนและระหว่างการวิจัยนั้นผู้วิจัยสอดแทรกการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวรองและนำข้อมูลจากการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปสู่การตีความและสรุปผล การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติบรรยายที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย(M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) ความเบ้(Sk) และความโด่ง(Ku) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลัง

เรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบุม ส่วนสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม(One-way MANOVA)เพื่อตอบสมมติฐานข้อที่ 1 และสถิติ Hotelling's T^2 เพื่อตอบสมมติฐานข้อที่ 2

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC :การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง สรุปผลได้ ดังนี้

1. การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า พบประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้แก่ 1) ความเข้าใจว่าตัวออกซิไดส์เกิดครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและตัวรีดิวซ์เกิดครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน 2) ในเรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้านักเรียนมีความเข้าใจว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสารละลายในเซลล์เคมีไฟฟ้า 3)การเขียนแผนภาพเซลล์เขียนได้เฉพาะเซลล์กัลวานิกเท่านั้น และในการเขียนแผนภาพเซลล์นักเรียนจะเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์เหมือนกัน 4) มีการปรับเปลี่ยนเครื่องหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันสำหรับ E°anode ในการคำนวณโดยใช้สมการ $E^{\circ}=E^{\circ}$cathod - E°anode 5) เมื่อมีการคูณเลขสัมประสิทธิ์ของสมการครึ่งเซลล์จะต้องมีการคูณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์นั้นด้วย 6) แบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับเซลล์กัลวานิกเท่านั้นเนื่องจากเป็นแหล่งให้พลังงานไฟฟ้า และถ่านไฟฉายไม่ใช่แบตเตอรี่ 7) กระบวนการกัดกร่อนหรือเกิดสนิมเกิดขึ้นกับเครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ หรือสิ่งก่อสร้างที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบเท่านั้น และสนิมมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลแดงเท่านั้น

2. การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า พบว่า

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size) ส่วนค่าเฉลี่ยมโนทัศน์ทาง

วิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size)

2.2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและก่อนเรียน มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size) ส่วนค่าเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนและก่อนเรียน มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size)

2.3 ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC แล้วนั้น นักเรียนเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนนักเรียนมีความกระตือรือร้น มีความกล้าที่จะตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น นักเรียนเกิดกระบวนการโต้แย้งภายในกลุ่มซึ่งนำมาถึงการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และนักเรียนตอบคำถามเพื่อทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่มและตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง มีความเข้าใจและตระหนักรู้ถึงความเป็นไปได้ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้ในการแก้ไขและสามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ความซับซ้อนและประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแก้ไขโจทย์ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนสามารถเขียนอธิบายหลักการต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน มีการนำหลักการและแนวคิดมาใช้ในการหาคำตอบของโจทย์ที่กำหนดให้ประกอบขั้นตอนการดำเนินการที่ซับซ้อนได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่ชัดเจน

2.4 ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกันในเชิงยืนยัน(Confirmation) กล่าวคือ คะแนนที่สอดคล้องกันเนื่องมาจากภายหลังการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับและถูกต้อง นำไปสู่การเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC :การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง มีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า พบว่า สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียให้มีความสมบูรณ์ขึ้นอีกทั้งยังส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น โดยที่การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของ Kural และ Kocakülah (2016) พัฒนาขึ้นจากการนำแนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมประสิทธิภาพของ Posner และคนอื่น ๆ (1982) มาเพิ่มแรงจูงใจในบริบทการเรียนรู้ (Motivation) และการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) ของนักเรียนเข้าไปในขั้นตอนของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ซึ่งประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ เมื่อผู้วิจัยนำเสนอสิ่งเร้ากระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนและเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในบริบทการเรียนรู้ พบว่านักเรียนกระตือรือร้น กล้าที่จะตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นออกมาให้มากที่สุด ขั้นการตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน ผู้วิจัยตั้งถามคำถามกับนักเรียนเพื่อท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) พบว่านักเรียนได้ตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของกับคำตอบของเพื่อน โดยมีการตอบคำถามด้วยความเข้าใจของนักเรียนเองอีกทั้งยังประเมินความน่าเชื่อถือของคำตอบนั้นร่วมกับคำตอบของเพื่อน ในขั้นการแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้เมื่อนำเสนอข้อสรุปมโนทัศน์ที่ขัดแย้งกับเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา พบว่า นักเรียนมีตอบคำถามแสดงความรู้และมโนทัศน์ทีที่มีอยู่เดิมตามความเข้าใจของตนเองออกมา ขั้นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา ผู้วิจัยใช้การนำเสนอเหตุการณ์หรือสิ่งทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา พบว่าทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยในความรู้และมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนที่ขัดแย้งกับสิ่งที่ผู้วิจัยนำเสนอ อันจะนำไปสู่การทำความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สร้างแรงจูงใจที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับ

สอดคล้องกับ Hewson และ Hewson (1989) และ Hewson (1996) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ผู้เรียนเข้าใจได้หรือไม่นั้นผู้เรียนสามารถหาวิธีนำเสนอหรือแสดงมโนทัศน์ของตนเอง โดยเห็นว่ามีเหตุผลหรือไม่ถ้ามโนทัศน์นั้นเข้าใจได้ ผู้เรียนเห็นหรือไม่ว่าสิ่งนั้นเป็นจริง มโนทัศน์นั้นสอดคล้องหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ ที่ผู้เรียนมีมาแล้วหรือไม่และผู้เรียนเห็นว่าจะสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่ ถ้ามโนทัศน์นั้นมีเหตุผลและสามารถแก้ปัญหาอื่นได้ โดยมโนทัศน์นั้นสามารถชี้ถึงความเป็นไปได้ในทิศทางและมโนทัศน์ใหม่หรือไม่ ในขั้นการทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง ผู้วิจัยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสังเกตและอธิบายเหตุการณ์ที่นำเสนอในขั้นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา พบว่า นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอภายในกลุ่ม และเกิดการโต้แย้งด้วยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการอภิปรายและพูดคุยกันภายในกลุ่ม พร้อมนำเสนอและสรุปข้อความรู้ที่ได้จากการตอบคำถามและการโต้แย้งผ่านความเข้าใจที่แตกต่างกัน ขั้นแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยใช้คำถามสำคัญนำไปสู่การสร้างข้อสรุปของความรู้และตรวจสอบมโนทัศน์เดิมของนักเรียนและมโนทัศน์ใหม่ที่ได้จากการสังเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนตอบคำถามทำความเข้าใจกับข้อสรุปความรู้ของกลุ่มและตรวจสอบความเข้าใจของตนเองมีความเข้าใจและตระหนักถึงความเป็นไปได้ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหลังการเรียนรู้และนำมโนทัศน์ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาอื่น ๆ ของนักเรียนอีกด้วย ขั้นการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยนำเสนอโจทย์ปัญหาใหม่เพื่อให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ใหม่ในสถานการณ์ดังกล่าว รวมทั้งระบุประโยชน์และคุณค่าของมโนทัศน์ใหม่ที่ได้เรียนรู้ โดยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง พบว่านักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องตามมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ความซับซ้อนและประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแก้ไขโจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Posner (1982) ซึ่งกล่าวว่ามโนทัศน์ใหม่นั้นมีประโยชน์หรือนำไปใช้ในบริบทใหม่ (Fruitful) เมื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้กับสถานการณ์อื่นหรือขอบเขตอื่น ๆ แล้วควรจะมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการขยายขอบเขตของมโนทัศน์และพบว่าสามารถนำไปใช้ดี และในขั้นการประเมินผล นักเรียนสามารถสะท้อนความรู้ของนักเรียนได้ดีมากขึ้น สามารถระบุมโนทัศน์ที่มีอยู่ก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้และมโนทัศน์หลังเรียนด้วย TMHCC ในแต่ละคาบ และพิจารณาว่าตนเองเกิดว่านักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์หรือไม่ ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์สาเหตุใดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากที่กล่าวมาข้างต้นรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด

กระบวนการเรียนรู้ที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยเช่นกัน

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาจึงเป็นสนับสนุนข้อค้นพบของการวิจัยนี้ว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นตามสมมติฐานข้อที่ 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kocakülah และ Kural (2016) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตันของนักเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการจัดการสอนมุมมองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตัน ภายหลังจัดการสอนด้วยรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ประสบผลสำเร็จโดยช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์อีกทั้งลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นและ พรณิชา พรหมเสนา (2560) ซึ่งได้ทำการศึกษามโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของคูรัลและโคคาคูลา ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของคูรัลและโคคาคูลา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีของสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการอภิปรายข้างต้นสามารถสรุปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ได้ดังนี้

1. ในการออกแบบการจัดเรียนรู้และก่อนการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ครูควรศึกษาความมุ่งหมายหลักของรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และความมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ถูกสร้างขึ้นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับและส่งเสริมให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ในขั้นการทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง หากเป็นการจัดการสอนผ่านระบบออนไลน์ กิจกรรมที่เป็นการทดลองจะสามารถทำได้ยากเนื่องจากนักเรียนไม่สามารถทำปฏิบัติการทดลองได้ทุกคน

จะมีตัวแทนนักเรียนได้ทำการทดลองและแต่ละกลุ่มจะมาสรุป อภิปราย และโต้แย้งผลการทดลองร่วมกัน ดังนั้นในขั้นแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผู้สอนควรเพิ่มการสาธิตการทดลองให้นักเรียนทุกคนเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นได้เพิ่มเติม รวมไปถึงเป็นการลดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้ และทำให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC กับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ พบว่า มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size) ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC กับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ พบว่า มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size)

อีกทั้งเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและก่อนเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC พบว่า มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size) ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนและก่อนเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC พบว่า มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก(Very Large Effect Size)

ด้วยผลการวิจัยดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบการวิจัยที่ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ช่วยลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นและส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

2. ความสัมพันธ์ของของข้อมูลเชิงปริมาณกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental(or Intervention) Designs)

ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า ผู้วิจัยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของของข้อมูลเชิงปริมาณกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลการวิจัยแบบผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง (Mixed Methods Experimental (or Intervention) Designs) รัตนะ บัวสนธ์ (2556, น. 67 - 68) และสอดคล้องกับ อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27) กล่าวว่า การวิจัยแบบผสานวิธีมีจุดแข็งในการแสวงหาคำตอบเนื่องจากสามารถปิดจุดอ่อนที่มีอยู่ในวิธีวิจัยเชิงปริมาณและวิธีวิจัยเชิงคุณภาพในการแสวงหาหาคำตอบได้บางแง่มุมเท่านั้น การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยทำให้เกิดการตอบคำถามเชิงความรู้และเชิงยืนยัน กล่าวคือ เมื่อผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้จากการดำเนินงานศึกษาในเชิงปริมาณมาใช้จะได้คำตอบในลักษณะภาพกว้าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษานั้น ขณะเดียวกันถ้าพิจารณาคำตอบหรือความรู้ที่ได้จากวิธีการเชิงคุณภาพจะมีลักษณะเป็นเรื่องเฉพาะกรณีที่ให้ความรู้ลุ่มลึกเฉพาะกรณี โดยใช้ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการตรวจสอบข้อมูลซึ่งกันและกันในลักษณะของการตรวจสอบความสอดคล้องข้องข้อมูล ช่วยทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจสอดคล้องกันและได้ข้อมูลที่หลากหลายมาเสริมกัน ทำให้ได้ข้อค้นพบจากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอาจขัดแย้งกันและทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งเพื่อการวิพากษ์หรือเกิดประเด็นใหม่ที่น่าสนใจและการวิจัยแบบผสานวิธีช่วยขยายขอบเขตความกว้างและความลึกของงานวิจัยทำให้การสรุปอ้างอิงมีน้ำหนักมากขึ้นในมิติความกว้างและความลึก อีกทั้งการวิจัยแบบผสานวิธีเมื่อนำมาใช้ดำเนินการวิจัยจะก่อให้เกิดความหลากหลายและผสมผสาน และการวิจัยแบบผสานวิธีมีส่วนช่วยให้ผู้วิจัยตั้งคำถามและจุดมุ่งหมายของวิจัย นำไปสู่การหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และใช้เทคนิควิธีการอย่างหลากหลายในการหาคำตอบให้กับคำถามและจุงมุ่งหมายการวิจัย จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในระยะแรกเป็นการศึกษา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า พบประเด็นมโนทัศน์เคลื่อน จำนวน 4 ประเด็น ได้แก่ เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ เซลล์เคมีไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่ง ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) กล่าวว่า บางครั้งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาวิชาเคมีอาจจะยากและทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนขึ้นได้ แม้กระทั่งภาษาในชีวิตประจำวัน เช่น ในวิชาเคมีเปรียบเหมือนอีกภาษาหนึ่งนอกเหนือจากภาษาที่ผู้เรียนใช้ในชีวิตประจำวัน มีคำศัพท์ที่นักวิทยาศาสตร์และนักเคมีใช้แต่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจในคำศัพท์นั้น เช่น คำว่า อนุภาค ที่ใช้ในชีวิตประจำวันจะหมายถึงของแข็งที่มีขนาดเล็กแต่สามารถ

มองเห็น แต่คำว่าอนุภาคในวิชาเคมีหมายถึง อะตอม ไอออน หรือโมเลกุล หรือถ้าผู้เรียนไม่เข้าใจเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์เรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยนำผลการศึกษาในระยะ ที่ 1 มาใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC โดยปรับใช้จากรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ของ Kural และ Kocakülah (2016) และดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ผ่านแบบสังเกตพฤตกรรมของนักเรียน นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น เนื่องมาจากนักเรียนมีความกระตือรือร้น กล้าตอบคำถาม เกิดกระบวนการโต้แย้งภายในกลุ่มซึ่งนำมาถึงการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ มีความเข้าใจและตระหนักรู้ถึงความเป็นไปได้ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ความซับซ้อนและประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแก้ไขโจทย์ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Posner (1982) กล่าวว่ามโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์หรือนำไปใช้ในบริบทใหม่ (Fruitful) เมื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้กับสถานการณ์อื่นหรือขอบเขตอื่น มโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกันในเชิงยืนยัน (Confirmation) กล่าวคือ คะแนนที่สอดคล้องกันเนื่องมาจากภายหลังการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับและถูกต้อง นำไปสู่การเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kural และ Kocakülah (2016) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตันของนักเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการจัดการสอนมุมมองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตัน ภายหลังจัดการสอนด้วยรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ประสบผลสำเร็จโดยช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์อีกทั้งลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น และเสาวนีย์ สังฆะขี (2555) ได้ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ ของ Hewson & Hewson (2003) ทำการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง บรรยากาศ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์

หลังเรียนในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลงและผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนบุคคลพบว่า มีนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จาก มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ก่อนการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ไปใช้ ครูควรศึกษาความมุ่งหมายหลักของรูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ถูกสร้างขึ้นว่ากิจกรรมการเรียนรู้นั้นช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ในแต่ละขั้นตอนของการสอนจะแตกต่างกันออกไป ความสำเร็จของการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหากเป็นการสอนผ่านระบบออนไลน์ ต้องออกแบบการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างครอบคลุม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้รับและเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้องและยอมรับมโนทัศน์ใหม่ที่เกิดขึ้นอันจะส่งเสริมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อเสนอแนะในการการวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ในขั้นการทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง หากเป็นการจัดการสอนผ่านระบบออนไลน์ กิจกรรมที่เป็นการทดลองจะสามารถทำได้ยากเนื่องจากนักเรียนไม่สามารถทำปฏิบัติการทดลองได้ทุกคน จะมีตัวแทนนักเรียนได้ทำการทดลองหลังจากนั้นแต่ละกลุ่มจะมาสรุป อภิปราย และโต้แย้งผลการทดลองร่วมกัน ดังนั้นในขั้นแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผู้สอนควรเพิ่มการสาธิตการทดลองให้นักเรียนเพื่อที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และผู้สอนสามารถสังเกตกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นได้เพิ่มเติม รวมไปถึงเป็นการลดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้ และทำให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์

2. ในการเก็บข้อมูลการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นควรใช้การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเพิ่มเติม ซึ่งอาจจะช่วยวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า จากนักเรียน ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการด้วยตนเอง การวิจัยครั้งต่อไปอาจจะดำเนินการศึกษากับเนื้อหาวิชาเคมีอื่น ๆ เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC ว่าสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

บรรณานุกรม

Acar, B., และ Tarhan, L. (2008). Effects of Cooperative Learning on Students' Understanding of Metallic Bonding. *Research in Science Education, 38*(4), 401-420.

Bahar, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory and Practice, 3*(1), 55 - 64.

Creswell, J. W., และ Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed). Los Angeles: SAGE.

Duit, R., และ Treagust, D. F. (2003). Conceptual Change : A Powerful framework for improving science teaching and learning. *Internationnal Journal of Science Education, 25*(6), 671 - 688.

Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(2), 181 - 197.

Hewson, P. W. (1996). Teaching for Conceptual Change. *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematic*, 131 -140.

Hewson, P. W., และ Hewson, M. G. B. (1989). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Journal of Science Education, 11*, 541 - 553.

Klopfer, E. L. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill Book company.

Kocakülah, M. S., และ Kural, M. (2016). THE EFFECT OF COMPTON SCATTERING TEACHING BASED ON HOT CONCEPTUAL CHANGE ON STUDENTS' CONCEPTUAL CHANGE. *JOURNAL OF EDUCATIONAL AND INSTRUCTIONAL STUDIES IN THE WORLD, 16*(1), 78-90.

Kural, M., และ Kocakülah, M. S. (2016). Teaching For Hot Conceptual Change: Towards A New Model, Beyond The Cold And Warm Ones. *European Journal of Education Studies, 2*(8).

Leedy, P. D., และ Ormrod, J. E. (2013). *Practical Research : Planning and design*. New Jersey: Pearson Education.

Marek, F. A., Eubanks, C., และ Gallagher, T. H. (1990). Teacher's understanding and the use of the learning cycle. *Journal of Research in Science Teachers, 27*, 821–834.

National Research Council [NRC]. (1997). *Science teaching reconsidered: A handbook*. Washington, DC: National Academies Press.

Piaget, J. (1966). *The Child's Conception of Physical Causality*. London: K. Pual, Trench, Trubner & Co.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., และ Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211 - 227.

Printrich, T. S., และ De Groot, E. (1990). Motivational and self-regulated learnig components of classroom academic performance. *journal for the Education Psycology, 82*, 33.

She, H.-C. (2003). DSLM Instructional Approach to Conceptual Change Involving Thermal Expansion. *Research in Science & Technological Education, 21*(1), 43-54.

Steffe, L. P., และ Gale, J. (1995). *Constructivism in education*. UK: Lawrence Erlbaum Associates.

Tashakkori, A., และ Teddlie, C. (2003). *Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.

Thomas, S. K. (1970). *The Structure of Scientific Revolution* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Vygotsky, L. (1986). *Thought and Language*. Boston: MIT Press.

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

กฤษฎา พนันชัย. (2561). ความเข้าใจมโนมติและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการ

ทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, *1*(1), 49-60.

กวิน นวลแก้ว. (2561). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม. (ชีววิทยา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2561.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2555). การคิดเชิงมโนทัศน์ = *Conceptual thinking* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย.

ชนาธิป พรกุล. (2557). การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้ (พิมพ์ครั้งที่ 3, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ].). กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยุทธ สุขวัจนี. (2560). ผลของการใช้รูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย EFFECTS OF USING STEPANS' CONCEPTUAL CHANGE MODEL ON CONCEPTS AND ABILITY IN APPLYING PHYSICS KNOWLEDGE OF UPPER SECONDARY S. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, *11*(1).

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์. (2558). การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (A study of grade 11 students' Scientific Concept and Ability in Making Scientific Model in Electroche. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, *3*(2).

ธิดารัตน์ คำแพง. (2560). การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีการเรียนรู้ ของ Kolb โดยยึดรูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI. *Veridian e-Journal* ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ และฉบับ *International Humanities, Social Sciences and arts, 10*(3), 567 - 584.

นนท์ปวิธ กันเกลา. (2560). การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในมโนทัศน์ รายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของโพสเนอร์ตามแนวทางการวิจัยอิงการออกแบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *6*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2537). ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน. วารสารพัฒนาหลักสูตร, *14*(119), 55 - 60.

ประภัสสร สาระธนะ. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม THE STUDY OF ACHIEVEMENT, SCIENCE CONCEPTS AND. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ *18,* ฉบับที่ *2 (*เม.ย.-มิ.ย. *2559),* หน้า *181-193, 20*(3).

พรณิชา พรหมเสนา. (2560). ผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต(การสอนวิทยาศาสตร์)). จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัชรี โพชนา. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาชีววิทยาเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ *20,* ฉบับที่ *2 (*เม.ย.-มิ.ย. *2561),* หน้า *126-139*.

พิจิตรา ศรีพัดยศ. (2559). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ *18,* ฉบับที่ *2 (*เม.ย.-มิ.ย. *2559),* หน้า *181-193*.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว.

เมธิน อินทรประสิทธิ์. (2560). ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย EFFECTS OF THE PREDICT-DISCUSS-EXPLAIN-OBSERVE-DISCUSS-EXPLAIN TEACHING STRATEGY ON THE CHEMISTRY CONCEPTUA. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, *11*(1).

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2556). การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ = *Measurement and achievement test construction* (พิมพ์ครั้งที่ 11): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตนะ บัวสนธ์. (2556). วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฤทธิชัย เสนาพรหม. (2557). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสลายโมเลกุลสารอาหารแบบใช้ ออกซิเจน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้รูปแบบการสอนแบบเปรียบเทียบ ตามแนวคิด FOCUS - ACTION. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *37*(2).

ล้วน สายยศ, และ อังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

ลำพูน สิงห์ขา. (2555). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *35*(2).

วิโรจน์ สารรัตนะ. (2545). วิธีวิทยาการวิจัยแบบผสม : กระบวนทัศน์ใหม่สำหรับการวิจัยทางการบริหารการศึกษา = *Mixed methodology*. กรุงเทพฯ อักษราพิพัฒน์.

ศศิธร แสนพันดร. (2561). การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจัดจำแนกพืชและสัตว์ โดยใช้วิธีการสอนแบบกลวิธี ทำนาย – สังเกต – อธิบาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFICCONCEPT ON CLASSIFICATION OF PLANT AND ANIMAL BY USING. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, *18*(2), 181-193.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม = *Classical test theory* (พิมพ์ครั้งที่ 7, [ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม].). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเดช สุชีวะ. (2538). การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน = *Misconceptions diagnosis*. กรุงเทพฯ ศูนย์ทดสอบทางการศึกษา ร่วมกับ ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริธร อ่างแก้ว. (2559). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการแข่งขันเกมแบบกลุ่ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 The Development of Scientific Conceptual Understanding of Acid–Base by Using 5E Inquiry. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, *11*(33(1)).

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.*2560)* ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์

การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สุทธินี เพชรทองคำ. (2557). ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวสรรคนิยมเชิงสังคมร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการวิเคราะห์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, *9*(4).

เสาวนีย์ สังฆะขี. (2555). ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอน เพื่อเปลี่ยนมโนมติ ของ Hewson & Hewson (2003). วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *6*(6).

อริยา ทิพชัย. (2562). ความเข้าใจมโนมติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุล จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยแบบจำลองเชิงกายภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, *2*(1), 43 - 56.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2553). หลักการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล. (2561). การวิจัยทางการศึกษา : แนวคิดและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ: โรงพิพม์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิสราพร เภรินทวงค์. (2557). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson & Hewson (2003) ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *37*(2), 172 - 179.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค	อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะรัตน์ ดรบัณฑิต	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. นางสิริรัตน์ มาลากุล ณ อยุธยา	ครู ชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวัดราชบพิธ
5. นางสาวจินดารัตน์ แก้วพิกุล	ครู ชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสันติราษฎ์วิทยาลัย
6. นายธีรพล ชนะภัย	ครู ชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีทุ่งสง

ภาคผนวก ข
ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า
- ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า
- ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (α-coefficient)

ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	0	0	0	-1	0	0.00	คัดออก
2	1	0	0	0	-1	0	0.00	คัดออก
3	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
4	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
5	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
6	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
7	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
8	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
9	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
10	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
11	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
12	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
13	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
14	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
15	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
16	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
17	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
18	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
19	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
20	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
21	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
22	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
23	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
24	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
25	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
26	0	0	0	0	1	1	0.20	คัดออก
27	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
28	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
29	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
30	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
31	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
32	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
33	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
34	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
35	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
36	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
37	1	1	1	0	1	4	0.80	คัดเลือก
38	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
39	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
40	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก

จากตาราง 22 พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 40 ข้อ มีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 33 ข้อ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 แสดงว่าข้อคำถามสามารถคัดเลือกนำไปใช้ได้

ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	0	0	0	-1	0	0.00	คัดออก
2	1	0	0	0	-1	0	0.00	คัดออก
3	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
4	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
5	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
6	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
7	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
8	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
9	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
10	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
11	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
12	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
13	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
14	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
15	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
16	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
17	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
18	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
19	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
20	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
21	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
22	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
23	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
24	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
25	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
26	0	0	0	0	1	1	0.20	คัดออก
27	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
28	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
29	0	0	0	0	0	0	0.00	คัดออก
30	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
31	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
32	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
33	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
34	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
35	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
36	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
37	1	1	1	0	1	4	0.80	คัดเลือก
38	1	1	1	1	0	4	0.80	คัดเลือก
39	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
40	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก

จากตาราง 23 พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 40 ข้อ มีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 33 ข้อ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 แสดงว่าข้อคำถามสามารถคัดเลือกนำไปใช้ได้

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ผลการวิเคราะห์	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.47	ผ่านเกณฑ์	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
2	0.63	ผ่านเกณฑ์	0.73	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
3	0.53	ผ่านเกณฑ์	0.55	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
4	1.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
5	1.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
6	0.56	ผ่านเกณฑ์	0.66	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
7	0.28	ผ่านเกณฑ์	0.74	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
8	0.53	ผ่านเกณฑ์	0.55	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
9	0.66	ผ่านเกณฑ์	0.56	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
10	0.47	ผ่านเกณฑ์	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
11	0.50	ผ่านเกณฑ์	0.53	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
12	0.47	ผ่านเกณฑ์	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
13	0.72	ผ่านเกณฑ์	0.44	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
14	0.69	ผ่านเกณฑ์	0.49	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
15	0.72	ผ่านเกณฑ์	0.48	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
16	0.50	ผ่านเกณฑ์	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
17	0.69	ผ่านเกณฑ์	0.61	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
18	0.56	ผ่านเกณฑ์	0.83	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
19	0.66	ผ่านเกณฑ์	0.56	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
20	0.44	ผ่านเกณฑ์	0.52	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
21	0.47	ผ่านเกณฑ์	0.66	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
22	0.56	ผ่านเกณฑ์	0.61	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
23	0.69	ผ่านเกณฑ์	0.70	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
24	0.66	ผ่านเกณฑ์	0.67	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
25	0.59	ผ่านเกณฑ์	0.61	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ผลการวิเคราะห์	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
26	0.66	ผ่านเกณฑ์	0.62	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
27	1.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
28	0.72	ผ่านเกณฑ์	0.50	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
29	0.81	ผ่านเกณฑ์	0.29	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
30	0.59	ผ่านเกณฑ์	0.85	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
31	1.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
32	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
33	0.81	ผ่านเกณฑ์	0.35	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก

จากตาราง 24 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านเกณฑ์และสามารถคัดเลือกนำไปใช้ได้มีจำนวน 28 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.81 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.29 – 0.85 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) มีค่าเท่ากับ 0.93 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อคำถามของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้ในการวิจัยจำนวน 20 ข้อ

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (α -coefficient)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
2	0.73	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
3	0.55	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
4	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
5	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
6	0.66	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
7	0.74	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
8	0.55	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
9	0.56	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
10	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
11	0.53	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
12	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
13	0.44	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
14	0.49	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
15	0.48	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
16	0.71	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
17	0.61	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
18	0.83	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
19	0.56	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
20	0.52	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
21	0.66	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
22	0.61	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
23	0.70	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
24	0.67	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
25	0.61	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
26	0.62	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
27	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
28	0.50	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
29	0.29	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
30	0.85	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก
31	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
32	0.00	ไม่ผ่านเกณฑ์	คัดออก
33	0.35	ผ่านเกณฑ์	คัดเลือก

จากตาราง 25 พบว่า แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบ สามารถนำไปใช้ได้มีจำนวน 28 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก(r)มีค่าอยู่ระหว่าง 0.29-0.85 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's alpha method)มีค่าเท่ากับ 0.93 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อคำถามของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการวิจัยจำนวน 20 ข้อ

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

วิชา เคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 100 นาที

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 40 ข้อ โดยแบบทดสอบ 1 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือก

ตอนที่ 2 แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบ

2. ให้นักเรียนกากบาท X คำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

3. ให้นักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบลงในกระดาษคำตอบ

4. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบกับคณะกรรมการคุมสอบหลังจากหมดเวลา

---

1. ปฏิกิริยาเคมีในข้อใดต่อไปนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

ก. กรดซัลฟิวริกละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนในน้ำ

ข. กรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยาสะเทินกับโซเดียมไฮดรอกไซด์

ค. ผสมสารละลายโซเดียมคลอไรด์กับซิลเวอร์ไนเตรตแล้วมีตะกอนเกิดขึ้น

ง. โลหะหมู่ IA ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกแล้วมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อนำแผ่นทองแดงจุ่มลงในสารละลาย $AgNO_3$ ปรากฏว่ามีโลหะเงินเกาะบนแผ่นทองแดง

ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. แผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวรีดิวซ์

ข. แผ่นทองแดง(Cu) เป็นตัวออกซิไดส์

ค. โลหะเงิน(Ag) เป็นตัวออกซิไดซ์

ง. ซิลเวอร์ไอออน(Ag^+) เป็นตัวรีดิวซ์

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

.....

3. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$$

ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. HCl ถูกรีดิวซ์

ข. HCl เกิดรีดักชัน

ค. Cr ใน $K_2Cr_2O_7$ เป็นตัวถูกออกซิไดซ์

ง. Cr ใน $K_2Cr_2O_7$ เป็นตัวออกซิไดซ์

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

.....

4. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้

$$2MnO_4^- + H_2O + NO_2^- \longrightarrow 2MnO_2 + 3NO_3^- + 2OH^-$$

ข้อสรุปใด**ไม่ถูกต้อง**

ก. NO_2^- ถูกออกซิไดส์ด้วย MnO_4^-

ข. ปฏิกิริยานี้มีการให้อิเล็กตรอน 3 ตัว

ค. ปฏิกิริยานี้มีการรับอิเล็กตรอน 6 ตัว

ง. ธาตุ Mn ใน MnO_4^- มีการเปลี่ยนเลขออกซิเดชันไป 3

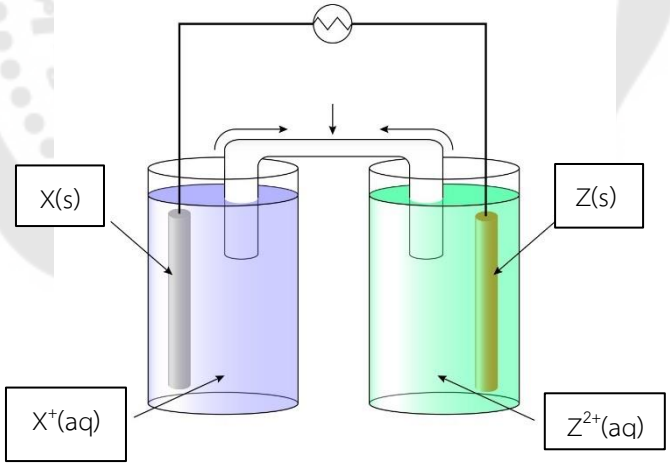
เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

5. จากปฏิกิริยาและเซลล์เคมีไฟฟ้าที่กำหนดให้ ข้อใดถูกต้อง

ปฏิกิริยา I. $2X(s) + Y^{2+}(aq) \longrightarrow 2X^{+}(aq) + Y(s)$ E^0_{cell} = +1.50 V

ปฏิกิริยา II. $Y(s) + Z^{2+}(aq) \longrightarrow Y^{2+}(aq) + Z(s)$ E^0_{cell} = -2.00 V



ก. ขั้วไฟฟ้า X เป็นขั้วแคโทด

ข. ขั้วไฟฟ้า Z เป็นขั้วบวก

ค. เข็มโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหาขั้ว X

ง. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ออกจากขั้วไฟฟ้า Z

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

6. จากแผนภาพของเซลล์ต่อไปนี้

$Pt|H_2(1\ atm)|\ H^+\ (1\ mol/dm^3)\ ||\ Ag^+\ (1\ mol/dm^3)\ |Ag(s)$ ปฏิกิริยาของเซลล์คือข้อใด

ก. $2Ag(s) + H_2(g) \longrightarrow 2Ag^+(aq) + 2H^+(aq)$

ข. $2Ag^+(aq) + H_2(g) \longrightarrow 2Ag(s) + 2H^+(aq)$

ค. $2Ag^+(aq) + 2H^+(aq) \longrightarrow 2Ag(s) + H_2(g)$

ง. $Ag(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow 2Ag^+(aq) + H_2(g)$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

7. เมื่อจุ่มแท่งโลหะลงในสารละลายของโลหะไอออนต่างๆ ได้ผล ดังตาราง

โลหะใน สารละลาย	ผลการเปลี่ยนแปลง	
	ชิ้นโลหะ	สารละลาย
Zn ใน $CuSO_4$	สังกะสีส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลายมีสีน้ำตาลแดงมาเกาะ	สารละลายสีฟ้าจางลง
Ag ใน $ZnSO_4$	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
Cu ใน $AgNO_3$	ทองแดงส่วนที่จุ่มในสารละลายมีสารสีเงินมาฉาบ	สารละลายใส เปลี่ยนเป็นสีฟ้า
Fe ใน $CuSO_4$	เหล็กกร่อน	สารละลายสีฟ้าจางลง
Fe ใน $ZnSO_4$	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากข้อมูลในตาราง ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ตามข้อใด

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

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

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

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

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

8 .กำหนดแผนภาพเซลล์กัลวานิก ดังนี้

$A \mid A^+ \parallel B_2 \mid B^- \mid Pt$ $A \mid A^+ \parallel C^+ \mid C$ $C \mid C^+ \parallel B_2 \mid B^- \mid Pt$

ข้อใดเรียงลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. $A > C > B^-$

ข. $B^- > A > C$

ค. $B_2 > C^+ > A^+$

ง. $C^+ > A^+ > B_2$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

9. เซลล์กัลวานิก $Zn(s)|Zn^{2+}(aq)||Ni^{2+}(aq)|Ni(s)$ มีค่า $E^\circ_{cell} = +0.51$ V และ $E^\circ_{anode} = -0.76$ V จงหา $E^\circ_{cathode}$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. +0.25 V

ข. –0.25 V

ค. +0.27 V

ง. –1.27 V

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

10. กำหนดค่าความต่างศักย์ของครึ่งเซลล์มาตรฐานต่อไปนี้

สมการที่ 1 $2Al + 3X^{2+} \longrightarrow 2Al^{3+} + 3X$ $E^{\circ}_{cell} = +0.95$ V

สมการที่ 2 $X + Y^{2+} \longrightarrow X^{2+} + Y$ $E^{\circ}_{cell} = +0.64$ V

เซลล์ไฟฟ้าเคมี $Al \mid Al^{2+} \| Y^{2+} \mid Y$ มีค่าความต่างศักย์กี่โวลต์

ก. +0.31 V

ข. +1.55 V

ค. +1.59 V

ง. +2.90 V

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

11. แผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้า ข้อใดมีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชันมากที่สุด

กำหนดให้

$Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Zn(s)$ $E^{o} = -0.76$ V

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

$Co^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Co(s)$ $E^{o} = -0.28$ V

$Mn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Mn(s)$ $E^{o} = -0.76$ V

จ. $Mn \mid Mn^{2+} \| Fe^{2+} \mid Fe$

ฉ. $Mn \mid Mn^{2+} \| Co^{2+} \mid Co$

ช. $Zn \mid Zn^{2+} \| Co^{2+} \mid Co$

ซ. $Zn \mid Zn^{2+} \| Fe^{2+} \mid Fe$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

12. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ดังนี้

$A^+(aq) + e^- \longrightarrow A(s)$ $E^o = -0.14$ V

$B^+(aq) + e^- \longrightarrow B(s)$ $E^o = -0.40$ V

$C^+(aq) + e \longrightarrow C(s)$ $E^o = -0.74$ V

$D^+(aq) + e^- \longrightarrow D(s)$ $E^o = -1.18$ V

ปฏิกิริยาใดเกิดได้เอง

ก. $A(s) + B^+(aq) \longrightarrow B(s) + A^+(aq)$

ข. $C(s) + A^+(aq) \longrightarrow A(s) + C^+(aq)$

ค. $B(s) + D^+(aq) \longrightarrow D(s) + B^+(aq)$

ง. $B(s) + C^+(aq) \longrightarrow C(s) + B^+(aq)$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

13. ในการสร้างเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วโดยจุ่มแท่งตะกั่วใหม่ๆ 2 แท่ง ลงในสารละลาย H_2SO_4 แล้วประจุไฟครั้งแรกโดยต่อขั้วไฟฟ้าทั้งสองกับแบตเตอรี่ ถ้าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบในการประจุไฟฟ้าครั้งแรก คือ $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกจะเป็นไปตามข้อใด

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

ข. $Pb(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^-$

ค. $Pb(s) + HSO_4^-(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + e^-$

ง. $PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow PbO_2(s) + HSO_4^-(aq) + 3H^+(aq) + 2e^-$

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

14. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา ดังนี้

$Cd(OH)_2(s) + 2e^- \longrightarrow Cd(s) + 2OH^-(aq)$ $E^o = -0.40$ V

$NiO_2(s)+2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow Ni(OH)_2(s) + 2OH^-(aq)$ $E^o = +1.00$ V

ถ้าต้องการสร้างเซลล์นิแคด ข้อใดถูกต้อง

ก. ใช้ Cd(s) เป็นขั้วแคโทด

ข. ใช้ $NiO_2(s)$ เป็นขั้วแคโทด

ค. Ni(s) เป็นตัวรีดิวซ์

ง. $NiO_2(s)$ เป็นตัวรีดิวซ์

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

15. ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับแบตเตอรี่ตะกั่วได้ถูกต้อง

ก. ขณะจ่ายไฟ สารที่เข้าทำปฏิกิริยาจะเป็นสารชนิดเดียวกัน

ข. ระดับความเข้มข้นของกรดมีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

ค. ขณะจ่ายไฟ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ในแบตเตอรี่จะมีค่าคงที่

ง. ขณะจ่ายไฟ ตัวรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 4

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

16. ในการแยกสารละลาย Na_2SO_4 ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้แท่งคาร์บอนเป็นอิเล็กโทรดจะได้สารใหม่เกิดขึ้นที่แอโนดและแคโทดในข้อใดตามลำดับ

กำหนดให้

$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$ $E^o = -2.71$ V

$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq)$ $E^o = +2.01$ V

$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$ $E^o = +1.23$ V

$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-$ $E^o = -0.83$ V

ก. H_2 และ O_2

ข. O_2 และ H_2

ค. Na และ $S_2O_8^{2-}$

ง. $S_2O_8^{2-}$ และ Na

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

17. บุคคลใดต่อไปนี้ไม่ควรปฏิบัติในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ก. นาย ก. นำโลหะที่จะชุบเป็นแคโทด

ข. นาย ข. นำโลหะที่ใช้ชุบเป็นขั้วบวกของเซลล์

ค. นาย ค. เลือกใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

ง. นาย ง. ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ไอออนของโลหะที่จะใช้ชุบ

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

18. บุคคลต่อไปนี้ต้องการชุบเหรียญทองแดงด้วยโลหะเงิน ควรใช้สารใดเป็น อิเล็กโทรไลต์ และสารใดเป็นแอโนด ตามลำดับ

ก. นาย ก. นำสารละลายที่มี Ag^+ ใส่ลงในบีกเกอร์ และใช้โลหะเงินเป็นขั้วแอโนด

ข. นาย ข. นำสารละลายที่มี Cu^+ ใส่ลงในบีกเกอร์และใช้โลหะเงินเป็นขั้วแอโนด

ค. นาย ค. นำสารละลายที่มี Ag^+ ใส่ลงในบีกเกอร์ และใช้เหรียญทองแดงเป็นขั้วแอโนด

ง. นาย ง. นำสารละลายที่มี Cu^+ ใส่ลงในบีกเกอร์และใช้เหรียญทองแดงเป็นขั้วแอโนด

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

.....

19. พิจารณาข้อความต่อไปนี้เกี่ยวกับการชุบช้อนสังกะสีด้วยโลหะเงินโดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส ดังนี้

1. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ คือ Ag^+
2. ช้อนสังกะสีเป็นแคโทด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$
3. ช้อนสังกะสีเป็นแอโนด โดยนำช้อนสังกะสีต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่
4. โลหะเงินเป็นแอโนด และต่อโลหะเงินเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่

ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. ข้อ 1. และ 2.

ข. ข้อ 2. และ 4.

ค. ข้อ 1. และ 3.

ง. ข้อ 1. 2. และ 3.

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

20. ธาตุใดเมื่ออยู่ใกล้เหล็กทำให้เหล็กเกิดการกัดกร่อนช้าที่สุด

กำหนดให้

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $E^o = +0.34$ V

$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ $E^o = -0.14$ V

$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $E^o = -0.45$ V

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ $E^o = -0.76$ V

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

ก. สังกะสี

ข. ดีบุก

ค. แมกนีเซียม

ง. ทองแดง

เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

แผนการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ **เรื่อง เคมีไฟฟ้า**
รายวิชา เคมี **รหัสวิชา ว30223** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**
หัวข้อ ปฏิกิริยารีดอกซ์ **จำนวน 2 คาบ (100 นาที)**

1. สาระเคมี

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

3. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

4. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งประกอบด้วย 2 ครึ่งปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่มีสารหนึ่งให้อิเล็กตรอน แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาที่มีสารหนึ่งรับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

5. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ**

1. อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับโลหะไอออนได้
2. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา
3. อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้
4. บอกประโยชน์ของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อธิบายความหมายของเลขออกซิเดชันได้
5. บอกหลักการหาค่าเลขออกซิเดชันได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ**

1. ทดลองศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลายได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียน**

1. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ
2. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด

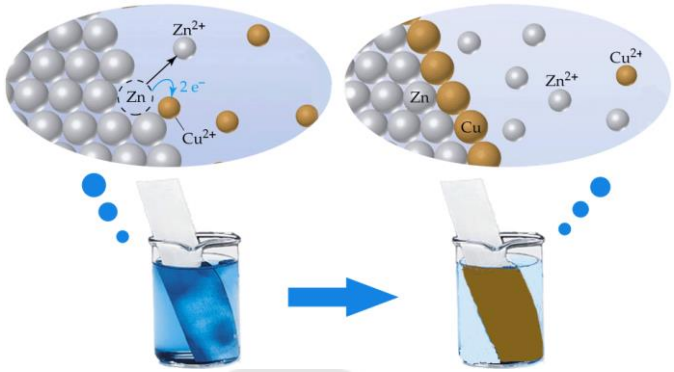
6. **สาระการเรียนรู้**

ปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน หรือปฏิกิริยาเคมีที่อะตอมของธาตุหรือไอออนมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เรียกว่า **ปฏิกิริยารีดอกซ์** ซึ่งในปฏิกิริยารีดอกซ์จะประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นพร้อมกัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาที่อะตอมของธาตุหรือไอออนให้อิเล็กตรอนแล้วเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งธาตุหรือไอออนที่ให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า **ตัวรีดิวซ์หรือตัวถูกออกซิไดส์**

ปฏิกิริยารีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่อะตอมของธาตุหรือไอออนรับอิเล็กตรอนแล้วเลขออกซิเดชันลดลง ซึ่งธาตุหรือไอออนที่รับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า **ตัวออกซิไดส์หรือตัวถูกรีดิวซ์**

ตัวอย่างปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการ

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

อิเล็กตรอนจะถูกถ่ายโอนจาก Zn ไปยัง Cu^{2+} ในสารละลายได้โดยตรง สิ่งที่จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนก็คือ แผ่นสังกะสีจะกร่อน มีตะกอนของทองแดงเกิดขึ้นบนแผ่นสังกะสี และเมื่อตั้งทิ้งไว้สารละลายสีฟ้าของ Cu^{2+} จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นไม่มีสี โดยเกิดปฏิกิริยาย่อย หรือที่เรียกว่าครึ่งปฏิกิริยา (half-reaction) คือ

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน โดย Zn ให้อิเล็กตรอนแล้วกลายเป็น Zn^{2+}

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \qquad (1)$$

ถ้าพิจารณาเลขออกซิเดชันของ Zn เมื่อให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น +2 ปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเป็นปฏิกิริยาที่มีการเพิ่มขึ้นของเลขออกซิเดชัน และอาจกล่าวว่าสารที่สูญเสียอิเล็กตรอนและเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น (Zn) นี้เป็น **ตัวถูกออกซิไดซ์หรือตัวรีดิวซ์**

ปฏิกิริยารีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน โดย Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นอะตอมของ Cu

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow Cu(s) \qquad (2)$$

ถ้าพิจารณาเลขออกซิเดชันของ Cu^{2+} เมื่อรับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลงจาก +2 เป็น 0 ปฏิกิริยารีดักชันจึงเป็นปฏิกิริยาที่มีการลดลงของเลขออกซิเดชัน และอาจกล่าวว่าสารที่รับอิเล็กตรอนและมีเลขออกซิเดชันลดลง (Cu^{2+}) นี้เป็น **ตัวถูกรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์**

เมื่อรวมปฏิกิริยา (1) และ (2) จะได้ปฏิกิริยาดังสมการ

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (3)$$

ปฏิกิริยา (3) เรียกว่า **ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน** หรือหรือเรียกสั้นๆ ว่า **ปฏิกิริยารีดอกซ์** โดย Zn รีดิวซ์ Cu^{2+} ให้เป็น Cu และ Cu^{2+} ออกซิไดซ์ Zn ให้กลายเป็น Zn^{2+} หรืออาจกล่าวว่า Cu^{2+} ถูกรีดิวซ์โดย Zn และ Zn ถูกออกซิไดซ์โดย Cu^{2+} Zn จึงเป็น**ตัวรีดิวซ์** (reducing agent) และ Cu^{2+} เป็น**ตัวออกซิไดซ์** (oxidizing agent)

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้

ครูระบุเป้าหมายในการเรียนบทเรียน เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้

1) จุดมุ่งมายของการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์
2) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
3) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของปฏิกิริยารีดอกซ์
4) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน

1. ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม ดังนี้ ธาตุแต่ละชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าหรือไม่ (แนวคำตอบ : ธาตุบางชนิดจะมีเลขออกซิเดชันได้เพียงค่าเดียว แต่ธาตุบางชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 3การแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้

1. ครูนำแท่งโลหะจุ่มในสารละลายบางชนิด จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในสารละลาย หรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ และปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ จากกิจกรรม กลุ่มไหน...กลุ่มนั้น โดยครูจะยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมี และแบ่งกลุ่มปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปฏิกิริยารีดอกซ์ และกลุ่มปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ แล้วใช้คำถามดังต่อไปนี้

   1) ปฏิกิริยารีดอกซ์และปฏิกิริยานอนรีดอกซ์จัดเป็นปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : ทั้ง 2 กลุ่มจัดเป็นปฏิกิริยาเคมี เนื่องจาก เกิดสารใหม่ขึ้น)

2) ปฏิกิริยารีดอกซ์และนอนรีดอกซ์ทั้ง 2 กลุ่มนั้น มีความแตกต่างกันอย่างไร(แนวคำตอบ : ปฏิกิริยารีดอกซ์มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุ แต่ปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน)

3) นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงของเลขออกซิเดชันเกิดจากอะไร(แนวคำตอบ : การเปลี่ยนแปลงของจำนวนอิเล็กตรอน)

3. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า “ในปฏิกิริยาบางปฏิกิริยาธาตุชนิดหนึ่งอาจมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นได้ ส่วนธาตุอีกชนิดหนึ่งอาจมีเลขออกซิเดชันลดลงได้ ซึ่งเรียกปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์”

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญาและขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง

1. ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มกลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาการทดลองกิจกรรม เรื่อง การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ โดยร่วมกันสรุปขั้นตอนการทดลองและทำการทดลอง
2. ครูนำอธิบายให้ดังนี้

1) จุดประสงค์การทดลอง

1.1. ทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

1.2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ

2) สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
สารเคมี	
1. สารละลาย $CuSO_4$ 0.1 mol/dm^3	25 cm^3
2. แผ่นสังกะสีขนาด 2 cm x 5 cm	1 ชิ้น
อุปกรณ์	
1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	1 ใบ
2. กระบอกตวงขนาด 25 cm^3	1 ใบ
3. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น
4. แท่งแก้วคนสาร	1 ชิ้น

3) วิธีการทดลอง

3.1. ใส่สารละลาย $CuSO_4$ 0.1 mol/dm^3 ลงในบีกเกอร์ จำนวน 25 cm^3 สังเกตสีของสารละลาย

3.2. จุ่มโลหะสังกะสีขนาด 2 cm x 5 cm ลงในบีกเกอร์ ตั้งไว้สักครู่ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในสารละลายและแผ่นโลหะ ถ้ามีสารมาเกาะบนแผ่นโลหะให้ใช้แท่งแก้วเขี่ยออกและสังเกตผิวของโลหะอีกครั้ง

4) ครูนำอธิบายก่อนทำการทดลองดังนี้

- ใช้กระดาษทรายขัดชิ้นทองแดงละสังกะสีให้สะอาด
- สังเกตลักษณะของชิ้นโลหะและสีของสารละลายก่อนทำการทดลอง

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบปฏิบัติการ โดยผลการทดลองควรจะเป็นดังนี้

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	สารละลาย	**แผ่นโลหะ**
ก่อนการทดลอง	สารละลายมีสีฟ้า	โลหะมีสีเทาเงิน
เมื่อทดลอง	สารละลายสีฟ้าจางลง เมื่อตั้งไว้เป็นเวลา 1-2 นาที	มีของแข็งสีน้ำตาลแดงมาเกาะบนแผ่นโลหะส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเขี่ยของแข็งสีน้ำตาลแดงออก พบว่าผิวโลหะกร่อนและบางลง

ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1. ครูและนักเรียนรวมกันอภิปรายผลการทดลอง ดังนี้

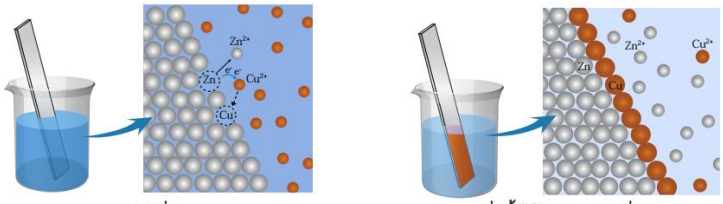
จุ่มโลหะสังกะสีแทนด้วย Zn(s) ลงในสารละลาย $CuSO_4$ ที่มีสีฟ้า ซึ่งเป็นสีของ Cu^{2+} ปรากฏว่ามีสารสีน้ำตาลแดงมาเกาะที่แผ่นโลหะ Zn ส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อใช้แท่งแก้วเขี่ยให้สารสีน้ำตาลแดงหลุดออก พบว่าผิวของโลหะ Zn สึกกร่อนและบางลง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างแผ่นโลหะ Zn ให้กับ Cu^{2+} เกิดเป็น Zn^{2+} และโลหะ Cu เขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้น จึงเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

สารสีน้ำตาลแดงที่อยู่บนผิวโลหะ Zn(s) คือโลหะ Cu(s) ซึ่งเกิดจาก $Cu^{2+}(aq)$ ในสารละลายรับอิเล็กตรอนจากโลหะ Zn(s) นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าแช่โลหะ Zn(s) ในสารละลาย $CuSO_4$ นานขึ้น สารละลายสีฟ้าจะจางลง แสดงว่าปริมาณ $Cu^{2+}(aq)$ ในสารละลายลดลง เขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบลดลง จึงเป็นปฏิกิริยารีดักชัน

2. ครูอธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโละสังกะสีกับสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต โดยใช้รูปประกอบดังนี้



ก. ทันทีที่จุ่ม ข. เมื่อตั้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง

3. ครูอธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และให้นักเรียนระบุตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ดังนี้

ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์

ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน

1. ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลอง ดังนี้

1) ก่อนจุ่มแผ่นโลหะ ในสารละลายมีไอออนของโลหะชนิดใดละลายอยู่ (แนวคำตอบ : Cu^{2+})

2) โลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ใดที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ทราบได้อย่างไร

(แนวคำตอบ : Zn ใน $CuSO_4$ ทราบได้จากผลการทดลองมีสารสีน้ำตาลแดงมาเกาะบนสังกะสีส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเคาะสารสีน้ำตาลแดงออก พบว่าสังกะสีผุกร่อนไปและสารละลายสีฟ้าจางลง)

3) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดผิวของโลหะสังกะสีจึงสึกกร่อนและบางลง(แนวคำตอบ : เพราะโลหะสังกะสีเสียอิเล็กตรอน)

4) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดสารละลายสีฟ้าจึงจางลง

(เพราะ Cu^{2+} ซึ่งมีสีฟ้า ไปรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น Cu(s) ทำให้ไอออนของ Cu^{2+} ลดลง)

5) โลหะกับไอออนของโลหะคู่ที่เกิดปฏิกิริยา เลขออกซิเดชันของสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

($Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้น

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบลดลง

6) จากการทดลองปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน

($Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ เป็นปฏิกิริยารีดักชัน)

7) ให้นักเรียนเขียนสมการรีดอกซ์จากการทดลอง พร้อมทั้งระบุว่าสารใดเป็นตัวรีดิวซ์ สารใดเป็นตัวออกซิไดส์

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

(ตัวรีดิวซ์ คือ Zn ส่วนตัวออกซิไดส์ คือ Cu^{2+})

ขั้นที่ 8 การประเมินผล

1. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้

1) จงระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ เพราะเหตุใด

• $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

(แนวคำตอบตอบ : ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารไม่เปลี่ยนแปลง)

• $2CeO_2 + 8HCl \rightarrow 2CeCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$

(แนวคำตอบ : เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารเปลี่ยนแปลง)

• $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

(แนวคำตอบ : เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารเปลี่ยนแปลง)

• $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

(แนวคำตอบ : ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารไม่เปลี่ยนแปลง)

2) จงเขียนสมการแสดงครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งระบุตัวออกซิไดส์และ ตัวรีดิวซ์

• $Mg\ (s) + 2H^+\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$

(แนวคำตอบ :

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Mg\ (s) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2e^-$)

ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $2H^+\ (aq) + 2e^- \rightarrow H_2\ (g)$

ตัวออกซิไดส์ คือ $H^+\ (aq)$

ตัวรีดิวซ์ คือ $Mg\ (s)$)

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

(แนวคำตอบ :

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$

ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Ag^+\ (aq) + e^- \rightarrow Ag\ (s)$

ตัวออกซิไดส์ คือ Ag^{+} (aq)

ตัวรีดิวซ์ คือ Zn (s))

• $Ca\ (s) + Cl_2\ (aq) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2Cl^{-}\ (aq)$

(แนวคำตอบ : ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Ca\ (s) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2e^{-}$

ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Cl_2\ (aq) + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}\ (aq)$

ตัวออกซิไดส์ คือ $Cl_2\ (aq)$

ตัวรีดิวซ์ คือ Ca (s))

2. ครูตั้งคำถามนักเรียนหลังจากได้รับการเรียนสอน เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้ จากเดิมนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของเลขออกซิเดชัน ข้อกำหนดเกี่ยวกับเลขออกซิเดชันและการคำนวณเลขออกซิเดชัน อย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงจากความรู้เดิมหรือไม่ แตกต่างกันอย่างไร อะไรที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความรู้จากเดิม

8. **สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้**

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย แม็คเอ็ดดูเคชั่น

2. สื่อนำเสนอ Power Point เรื่อง เลขออกซิเดชัน

3. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

4.ปฏิบัติการทดลอง เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับสารละลายที่มีไอออนของโลหะ

9. **การวัดและประเมินผล**

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	**วิธีวัด**	**เครื่องมือ**	**เกณฑ์การประเมินz]**
ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ** 1. อธิบายความหมายของเลขออกซิเดชันได้ 2. บอกหลักการหาค่าเลขออกซิเดชันได้	-การถามตอบ	-ข้อคำถาม	- นักเรียนตอบคำถามแบบฝึกหัดได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะ ถือว่า ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ** 1. ทดลองศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลายได้	- การปฏิบัติการทดลอง	- แบบประเมินปฏิบัติการ	-ปฏิบัติงานได้ชัดเจนเหมาะสมมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียนมี** 1. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ 2. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด	-การสังเกต	- แบบประเมิน	- เข้าชั้นเรียนตรงเวลาปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

แผนการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC
วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ **เรื่อง เคมีไฟฟ้า**
รายวิชา เคมี **รหัสวิชา ว30223** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**
หัวข้อ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน **จำนวน 2 คาบ (100 นาที)**

1. สาระเคมี

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

3. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

4. สาระสำคัญ

การดุลสมการรีดอกซ์เป็นการทำให้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุหรือไอออนและผลรวมของประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นเท่ากับผลิตภัณฑ์มี 2 วิธี คือ การดุลโดยใช้เลขออกซิเดชัน ซึ่งต้องหาธาตุหรือไอออนที่มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นและลดลง นำตัวเลขที่เหมาะสมไปคูณเพื่อทำให้จำนวนเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นเท่ากับที่ลดลง อีกวิธีเป็นการดุลโดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา ซึ่งต้องเขียนและดุลสมการของปฏิกิริยาออกซิเดชันกับปฏิกิริยารีดักชัน แล้วนำตัวเลขที่เหมาะสมไปคูณเพื่อทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่ให้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับในปฏิกิริยารีดักชัน แล้วรวมสองครึ่งปฏิกิริยาเข้าด้วยกันจะได้สมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว

5. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ**

6. อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ**

2. คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสมการเคมีที่กำหนดให้ได้
3. เขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียน**

3. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ
4. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด

6. **สาระการเรียนรู้**

การดุลสมการรีดอกซ์มีหลักการคือ ต้องดุลจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน ซึ่งสามารถดุลได้ 2 วิธีคือ ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน และดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา โดยการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน มีหลักการสำคัญคือ ทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่เพิ่มขึ้นกับเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่ลดลงให้เท่ากัน จากนั้นจึงดุลอะตอมอื่นที่เลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนและตรวจสอบความถูกต้อง โดยนับจำนวนอะตอมของธาตุและประจุไฟฟ้าทางด้านที่เป็นสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องเท่ากัน

7. **กิจกรรมการเรียนรู้**

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในบริบทการเรียนรู้

1. ครูระบุเป้าหมายในการเรียนบทเรียน เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน ดังนี้

1) จุดมุ่งมายของการเรียนรู้ เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออซิเดชัน
2) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน
3) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน
4) นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดและมโนทัศน์เดิมของนักเรียน

1. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับหลักการดุลสมการเคมีทั่วไป ดังนี้
    1) ครูถามคำถามว่า “การดุลสมการคืออะไร” แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย (แนวคำตอบ : การทำให้จำนวนอะตอมของธาตุหรือสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาเกิดความสมดุลระหว่างสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ตามหลักการของกฎทรงมวล)
    2) ครูยกตัวอย่างสมการเคมีของปฏิกิริยารีดอกซ์และไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันดุลสมการ และอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การดุลสมการรีดอกซ์โดยการใช้เลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ภาพรวมหรือนำเสนอเหตุการณ์ที่แตกต่างกับความรู้

1. ครูทบทวนการดุลสมการเคมีแบบปกติ

    เช่น $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$

    $2NOBr \longrightarrow 2NO + Br_2$

2. ครูยกตัวอย่างปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ยังไม่ได้ดุล เช่น

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

    หากนักเรียนดุลสมการแบบปกติจะได้ดังนี้

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

3. ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จึงมีประจุไม่เท่ากัน (เพราะสารเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยารีดอกซ์)

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญาและขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่มหรือการโต้แย้ง

4. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยให้แต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน และร่วมกันฝึกการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1) ครูยกตัวอย่างสมการเคมี ดังนี้

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

หากนักเรียนดุลสมการแบบปกติจะได้ดังนี้

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

2) ครูอธิบายว่าการดุลสมการรีดอกซ์มีหลักการคือ ต้องดุลจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน สำหรับการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน มีหลักการสำคัญคือ ทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่เพิ่มขึ้นกับเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่ลดลงให้เท่ากัน จากนั้นจึงดุลอะตอมอื่นที่เลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนและตรวจสอบความถูกต้อง โดยนับจำนวนอะตอมของธาตุและประจุไฟฟ้าทางด้านที่เป็นสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องเท่ากัน มีขั้นตอนการดุลสมการดังนี้

<u>ขั้นที่ 1</u> หาเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยาเพื่อให้ทราบตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์

	$Al(s)$	+	$H^+(aq)$	$\longrightarrow$	$Al^{3+}(aq)$	+	$H_2(g)$
เลขออกซิเดชัน	0		+1		+3		0

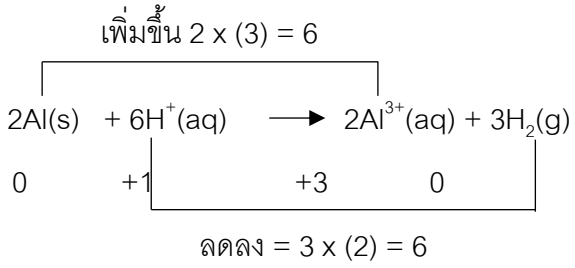
<u>ขั้นที่ 2</u> ดุลจำนวนอะตอมและไอออน หาเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์

ตัวรีดิวซ์ เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น 3

	$Al(s)$	+	$H^+(aq)$	$\longrightarrow$	$Al^{3+}(aq)$	+	$H_2(g)$
เลขออกซิเดชัน	0		+1		+3		0

ตัวออกซิไดส์ เลขออกซิเดชันลดลง 1

<u>ขั้นที่ 3</u> ทำจำนวนเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นของตัวรีดิวซ์กับจำนวนเลขออกซิเดชันที่ลดลงของตัวออกซิไดส์ให้เท่ากัน โดยการเติมเลข 2 หน้า Al(s) และ $Al^{3+}(aq)$ และเติมเลข 6 หน้า $H^+(aq)$ และ เติมเลข 3 หน้า $H_2(g)$ ได้เป็นดังนี้



<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจสอบจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน

	$2Al(s)$	$+ 6H^+(aq)$	$\longrightarrow$	$2Al^{3+}(aq)$	$+ 3H_2(g)$
ประจุไฟฟ้า	0	+ 6(+1)		2(+3)	0
ผลรวมประจุไฟฟ้า		+6		+6	

สมการนี้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นเท่ากับผลิตภัณฑ์แสดงว่าสมการรีดอกซ์นี้ดุลแล้ว

3) ครูยกตัวอย่างโจทย์ 1 ข้อ ที่ต้องใช้ขั้นตอนการดุลสมการทั้ง 5 ขั้นตอน เช่น

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + H^+(aq) + H_2S(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + H_2O(l) + S(s)$

โดยเมื่อดุลสมการแล้วจะได้

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) + 3H_2S(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) + 3S(s)$

ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน

2. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปขั้นตอนการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน โดยมีข้อสังเกตว่าการดุลสมการรีดอกซ์จะมีรายละเอียดในบางขั้นตอนเพิ่มขึ้นตามความซับซ้อนของปฏิกิริยารีดอกซ์
3. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรสจสอบความเข้าใจ ดังนี้

ดุลสมการรีดอกซ์ต่อไปนี้โดยใช้เลขออกซิเดชันทั้งในภาวะกรดและเบส

1) $Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2S(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + S(s)$

(แนวคำตอบ : ในภาวะกรด

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) + 3H_2S(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) + 3S(s)$

ในภาวะเบส $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H_2O(l) + 3H_2S(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3S(s) + 8OH^-(aq)$)

2) $MnO_4^{2-}(aq) + SO_3^{2-}(aq) \longrightarrow MnO_2(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

(แนวคำตอบ : ในภาวะกรด

$2MnO_4^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \longrightarrow 2MnO_2(aq) + 3SO_4^{2-} + H_2O(l)$

ในภาวะเบส $2MnO_4^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow 2MnO_2(aq) + 3SO_4^{2-} + 2OH^-(aq)$

ขั้นที่ 8 การประเมินผล

1. ครูตั้งคำถามนักเรียนหลังจากได้รับการเรียนสอน เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของ
นักเรียน ดังนี้ จากเดิมนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน การเขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิดัน การตรวจสอบการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงจากความรู้เดิมหรือไม่ แตกต่างกันอย่างไร อะไรที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความรู้จากเดิม

8. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จัดทำโดย แม็คเอ็ดดูเคชั่น
2. สื่อนำเสนอ Power Point เรื่อง เลขออกซิเดชัน
3. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

9. **การวัดและประเมินผล**

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	**วิธีวัด**	**เครื่องมือ**	**เกณฑ์การประเมิน**
ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ** 1. อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้	-การถามตอบ	-ข้อคำถาม	- นักเรียนตอบคำถามแบบฝึกหัดได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะ ถือว่า ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ** 1. คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสมการเคมีที่กำหนดให้ได้ 2. เขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้	- การตรวจแบบฝึกหัด - การถามตอบ	-แบบฝึกหัด -ข้อคำถาม	-ปฏิบัติงานได้ชัดเจนเหมาะสมมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียนมี** 1. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ 2. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด	-การสังเกต	- แบบประเมิน	- เข้าชั้นเรียนตรงเวลาปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

ภาคผนวก จ
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

แผนการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ **เรื่อง เคมีไฟฟ้า**

รายวิชา เคมี **รหัสวิชา ว30223** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

หัวข้อ ปฏิกิริยารีดอกซ์ **จำนวน 2 คาบ (100 นาที)**

1. **สาระเคมี**

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. **ผลการเรียนรู้**

คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

3. **สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม**

เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

4. **สาระสำคัญ**

ปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งประกอบด้วย 2 ครึ่งปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่มีสารหนึ่งให้อิเล็กตรอน แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาที่มีสารหนึ่งรับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

5. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ**

7. อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับโลหะไอออนได้
8. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา
9. อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้
10. บอกประโยชน์ของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อธิบายความหมายของเลขออกซิเดชันได้
11. บอกหลักการหาค่าเลขออกซิเดชันได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ**

4. ทดลองศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลายได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียน**

5. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ
6. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด

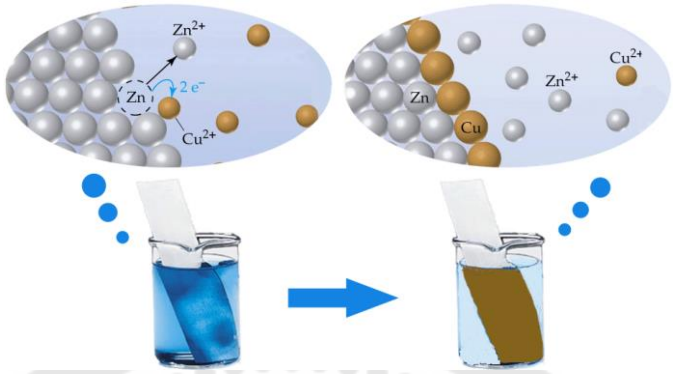
6. **สาระการเรียนรู้**

ปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน หรือปฏิกิริยาเคมีที่อะตอมของธาตุหรือไอออนมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เรียกว่า **ปฏิกิริยารีดอกซ์** ซึ่งในปฏิกิริยารีดอกซ์จะประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นพร้อมกัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาที่อะตอมของธาตุหรือไอออนให้อิเล็กตรอนแล้วเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งธาตุหรือไอออนที่ให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า **ตัวรีดิวซ์หรือตัวถูกออกซิไดส์**

ปฏิกิริยารีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่อะตอมของธาตุหรือไอออนรับอิเล็กตรอนแล้วเลขออกซิเดชันลดลง ซึ่งธาตุหรือไอออนที่รับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า **ตัวออกซิไดส์หรือตัวถูกรีดิวซ์**

ตัวอย่างปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการ

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

อิเล็กตรอนจะถูกถ่ายโอนจาก Zn ไปยัง Cu^{2+} ในสารละลายได้โดยตรง สิ่งที่จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนก็คือ แผ่นสังกะสีจะกร่อน มีตะกอนของทองแดงเกิดขึ้นบนแผ่นสังกะสี และเมื่อตั้งทิ้งไว้สารละลายสีฟ้าของ Cu^{2+} จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นไม่มีสี โดยเกิดปฏิกิริยาย่อย หรือที่เรียกว่าครึ่งปฏิกิริยา (half-reaction) คือ

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน โดย Zn ให้อิเล็กตรอนแล้วกลายเป็น Zn^{2+}

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \qquad (1)$$

ถ้าพิจารณาเลขออกซิเดชันของ Zn เมื่อให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น +2 ปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเป็นปฏิกิริยาที่มีการเพิ่มขึ้นของเลขออกซิเดชัน และอาจกล่าวว่าสารที่สูญเสียอิเล็กตรอนและเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น (Zn) นี้เป็น **ตัวถูกออกซิไดซ์หรือตัวรีดิวซ์**

ปฏิกิริยารีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน โดย Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นอะตอมของ Cu

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow Cu(s) \qquad (2)$$

ถ้าพิจารณาเลขออกซิเดชันของ Cu^{2+} เมื่อรับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลงจาก +2 เป็น 0 ปฏิกิริยารีดักชันจึงเป็นปฏิกิริยาที่มีการลดลงของเลขออกซิเดชัน และอาจกล่าวว่าสารที่รับอิเล็กตรอนและมีเลขออกซิเดชันลดลง (Cu^{2+}) นี้เป็น **ตัวถูกรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์**

เมื่อรวมปฏิกิริยา (1) และ (2) จะได้ปฏิกิริยาดังสมการ

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (3)$$

ปฏิกิริยา (3) เรียกว่า **ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน** หรือหรือเรียกสั้นๆ ว่า **ปฏิกิริยารีดอกซ์** โดย Zn รีดิวซ์ Cu^{2+} ให้เป็น Cu และ Cu^{2+} ออกซิไดซ์ Zn ให้กลายเป็น Zn^{2+} หรืออาจกล่าวว่า Cu^{2+} ถูกรีดิวซ์โดย Zn และ Zn ถูกออกซิไดซ์โดย Cu^{2+} Zn จึงเป็น**ตัวรีดิวซ์** (reducing agent) และ Cu^{2+} เป็น**ตัวออกซิไดซ์** (oxidizing agent)

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. นักเรียนร่วมอภิปรายทบทวนเรื่องการนำไฟฟ้าของสารละลาย

2. ครูนำแท่งโลหะจุ่มในสารละลายบางชนิด จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในสารละลายหรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลง

ครูทบทวนว่าการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คือ ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดไฟฟ้า หรือการให้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

3. ครูทบทวนองค์ประกอบของการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

4. ครูอธิบายว่าพลังงานไฟฟ้าเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาเคมีที่ทีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสาร เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุในสารที่ทำปฏิกิริยาเคมีนั้น

ขั้นสอน

1. ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มกลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาการทดลองกิจกรรม เรื่อง การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ โดยร่วมกันสรุปขั้นตอนการทดลองและทำการทดลอง
2. ครูนำอธิบายให้ดังนี้

    5) จุดประสงค์การทดลอง

        5.1. ทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

5.2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ

6) สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
สารเคมี	
1. สารละลาย $CuSO_4$ 0.1 mol/dm^3	25 cm^3
2. แผ่นสังกะสีขนาด 2 cm x 5 cm	1 ชิ้น
อุปกรณ์	
1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	1 ใบ
2. กระบอกตวงขนาด 25 cm^3	1 ใบ
3. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น
4. แท่งแก้วคนสาร	1 ชิ้น

7) วิธีการทดลอง

7.1. ใส่สารละลาย $CuSO_4$ 0.1 mol/dm^3 ลงในบีกเกอร์ จำนวน 25 cm^3 สังเกตสีของสารละลาย

7.2. จุ่มโลหะสังกะสีขนาด 2 cm x 5 cm ลงในบีกเกอร์ ตั้งไว้สักครู่ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในสารละลายและแผ่นโลหะ ถ้ามีสารมาเกาะบนแผ่นโลหะให้ใช้แท่งแก้วเขี่ยออกและสังเกตผิวของโลหะอีกครั้ง

8) ครูนำอธิบายก่อนทำการทดลองดังนี้

- ใช้กระดาษทรายขัดชิ้นทองแดงละสังกะสีให้สะอาด
- สังเกตลักษณะของชิ้นโลหะและสีของสารละลายก่อนทำการทดลอง

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบปฏิบัติการ โดยผลการทดลองควรจะเป็นดังนี้

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	สารละลาย	แผ่นโลหะ
ก่อนการทดลอง	สารละลายมีสีฟ้า	โลหะมีสีเทาเงิน
เมื่อทดลอง	สารละลายสีฟ้าจางลง เมื่อตั้งไว้เป็นเวลา 1-2 นาที	มีของแข็งสีน้ำตาลแดงมาเกาะบนแผ่นโลหะส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเขี่ยของแข็งสีน้ำตาลแดงออก พบว่าผิวโลหะกร่อนและบางลง

4. ครูและนักเรียนรวมกันอภิปรายผลการทดลองโดยแนวทางสรุปผลการทดลอง

จุ่มโลหะสังกะสีแทนด้วย Zn(s) ลงในสารละลาย $CuSO_4$ ที่ประกอบด้วยไอออนของ Cu^{2+} ซึ่งมีสีฟ้า และไอออนของ SO_4^{2-} ซึ่งไม่มีสี ปรากฏว่ามีสารสีน้ำตาลแดงมาเกาะที่แผ่นโลหะ Zn(s) ส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อใช้แท่งแก้วเขี่ยให้สารสีน้ำตาลแดงหลุดออก พบว่าผิวของโลหะ Zn(s) สึกกร่อนและบางลง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่าง Zn(s) กับ Cu^{2+} เนื่องจากโลหะ Zn(s) ให้อิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็นไอออน $Zn^{2+}(aq)$ อยู่ในสารละลาย เขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้น จึงเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

สารสีน้ำตาลแดงที่อยู่บนผิวโลหะ Zn(s) คือโลหะ Cu(s) ซึ่งเกิดจาก $Cu^{2+}(aq)$ ในสารละลายรับอิเล็กตรอนจากโลหะ Zn(s) นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าแช่โลหะ Zn(s) ในสารละลาย $CuSO_4$ นานขึ้น สารละลายสีฟ้าจะจางลง แสดงว่าปริมาณ $Cu^{2+}(aq)$ ในสารละลายลดลง เขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบลดลง จึงเป็นปฏิกิริยารีดักชัน

5. ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการสรุปผลการทดลอง

1) ก่อนจุ่มแผ่นโลหะ ในสารละลายมีไอออนของโลหะชนิดใดละลายอยู่

(บีกเกอร์มี Cu^{2+})

2) โลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ใดที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ทราบได้อย่างไร

(Zn ใน $CuSO_4$ ทราบได้จากผลการทดลองมีสารสีน้ำตาลแดงมาเกาะบนสังกะสี ส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเคาะสารสีน้ำตาลแดงออก พบว่าสังกะสีขรุขระกร่อนไป และสารละลายสีฟ้าจางลง)

3) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดผิวของโลหะสังกะสีจึงสึกกร่อนและบางลง

(เพราะโลหะสังกะสีเสียอิเล็กตรอน)

4) นักเรียนคิดว่าสารสีน้ำตาลแดงเกิดขึ้นได้อย่างไร

(สารสีน้ำตาลแดงเกิดจากไอออน Cu^{2+} รับอิเล็กตรอนจาก Zn(s) เกิดเป็น Cu(s) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง)

5) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดสารละลายสีฟ้าจึงจางลง

(เพราะ Cu^{2+} ซึ่งมีสีฟ้า ไปรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น Cu(s) ทำให้ไอออนของ Cu^{2+} ลดลง)

6) โลหะกับไอออนของโลหะคู่ที่เกิดปฏิกิริยา เลขออกซิเดชันของสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

($Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้น

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงแบบลดลง)

7) จากการทดลองปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน

($Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ เป็นปฏิกิริยารีดักชัน)

8) ให้นักเรียนเขียนสมการรีดอกซ์จากการทดลอง พร้อมทั้งระบุว่าสารใดเป็นตัวรีดิวซ์ สารใดเป็นตัวออกซิไดส์

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

(ตัวรีดิวซ์ คือ Zn ส่วนตัวออกซิไดส์ คือ Cu^{2+})

9) เพราะเหตุใดบีกเกอร์ที่ 2-4 จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

(บีกเกอร์ที่ 2-3 เป็นการจุ่มโลหะลงในไอออนของสารละลายชนิดนั้น ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง จึงสรุปได้ว่าไม่เกิดปฏิกิริยา บีกเกอร์ที่ 4 ความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะทองแดงน้อยกว่าโลหะสังกะสี แต่ $Cu^{2+}(aq)$ จะรับ

7. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้

1) จงระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ เพราะเหตุใด

- $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

(แนวคำตอบ : ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารไม่เปลี่ยนแปลง)

- $2CeO_2 + 8HCl \rightarrow 2CeCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$

(แนวคำตอบ : เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารเปลี่ยนแปลง)

- $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

(แนวคำตอบ : เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารเปลี่ยนแปลง)

- $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

แนวคำตอบ : ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารไม่เปลี่ยนแปลง)

2) จงเขียนสมการแสดงครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งระบุตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์

- $Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$

(แนวคำตอบ :

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

ตัวออกซิไดส์ คือ $H^+(aq)$

ตัวรีดิวซ์ คือ $Mg(s)$)

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

(แนวคำตอบ :

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^{-}$

ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Ag^{+}\ (aq) + e^{-} \rightarrow Ag\ (s)$

ตัวออกซิไดส์ คือ $Ag^{+}\ (aq)$

ตัวรีดิวซ์ คือ $Zn\ (s)$)

• $Ca\ (s) + Cl_2\ (aq) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2Cl^{-}\ (aq)$

(แนวคำตอบ : ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Ca\ (s) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2e^{-}$

ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Cl_2\ (aq) + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}\ (aq)$

ตัวออกซิไดส์ คือ $Cl_2\ (aq)$

ตัวรีดิวซ์ คือ $Ca\ (s)$)

ขั้นสรุป

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้ • ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์

• ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

• ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

2. ครูให้นักเรียนแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

8. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จัดทำโดย แม็คเอ็ดดูเคชั่น

2. สื่อนำเสนอ Power Point เรื่อง เลขออกซิเดชัน

3. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

4.ปฏิบัติการทดลอง เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับสารละลายที่มีไอออนของโลหะ

9. **การวัดและประเมินผล**

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	**วิธีวัด**	**เครื่องมือ**	**เกณฑ์การประเมินz]**
ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ** 1. อธิบายความหมายของเลขออกซิเดชันได้ 2. บอกหลักการหาค่าเลขออกซิเดชันได้	-การถามตอบ	-ข้อคำถาม	- นักเรียนตอบคำถามแบบฝึกหัดได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะ ถือว่า ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ** 1. ทดลองศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไอออนในสารละลายได้	- การปฏิบัติการทดลอง	- แบบประเมินปฏิบัติการ	-ปฏิบัติงานได้ชัดเจนเหมาะสมมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียนมี** 1. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ 2. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด	-การสังเกต	- แบบประเมิน	- เข้าชั้นเรียนตรงเวลาปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

แผนการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติวิชาเคมีเรื่องเคมีไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ **เรื่อง เคมีไฟฟ้า**

รายวิชา เคมี **รหัสวิชา ว30223** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

หัวข้อ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ลขออกซิเดชัน **จำนวน 2 คาบ (100 นาที)**

1. **สาระเคมี**

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. **ผลการเรียนรู้**

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

3. **สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม**

ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

4. **สาระสำคัญ**

การดุลสมการรีดอกซ์เป็นการทำให้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุหรือไอออนและผลรวมของประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นเท่ากับผลิตภัณฑ์มี 2 วิธี คือ การดุลโดยใช้เลขออกซิเดชัน ซึ่งต้องหาธาตุหรือไอออนที่มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นและลดลง นำตัวเลขที่เหมาะสมไปคูณเพื่อทำให้จำนวนเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นเท่ากับที่ลดลง อีกวิธีเป็นการดุลโดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา ซึ่งต้องเขียนและดุลสมการของปฏิกิริยาออกซิเดชันกับปฏิกิริยารีดักชัน แล้วนำตัวเลขที่เหมาะสมไปคูณเพื่อทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่ให้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับในปฏิกิริยารีดักชัน แล้วรวมสองครึ่งปฏิกิริยาเข้าด้วยกันจะได้สมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว

5. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ**

12. อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ**

5. คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสมการเคมีที่กำหนดให้ได้
6. เขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียน**

7. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ
8. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด

6. **สาระการเรียนรู้**

การดุลสมการรีดอกซ์มีหลักการคือ ต้องดุลจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน ซึ่งสามารถดุลได้ 2 วิธีคือ ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน และดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา โดยการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน มีหลักการสำคัญคือ ทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่เพิ่มขึ้นกับเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่ลดลงให้เท่ากัน จากนั้นจึงดุลอะตอมอื่นที่เลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนและตรวจสอบความถูกต้อง โดยนับจำนวนอะตอมของธาตุและประจุไฟฟ้าทางด้านที่เป็นสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องเท่ากัน

7. **กิจกรรมการเรียนรู้**

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูถามคำถามว่า “การดุลสมการคืออะไร” แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย (แนวตอบ : การทำให้จำนวนอะตอมของธาตุหรือสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาเกิดความสมดุลระหว่างสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ตามหลักการของกฎทรงมวล)

2. ครูยกตัวอย่างสมการเคมีของปฏิกิริยารีดอกซ์และไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันดุลสมการ และอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การดุลสมการรีดอกซ์โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

ขั้นสอน

1. ครูยกตัวอย่างสมการเคมี ดังนี้

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

หากนักเรียนดุลสมการแบบปกติจะได้ดังนี้

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

2. ครูอธิบายว่าการดุลสมการรีดอกซ์มีหลักการคือ ต้องดุลจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน สำหรับการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน มีหลักการสำคัญคือ ทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่เพิ่มขึ้นกับเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่ลดลงให้เท่ากัน จากนั้นจึงดุลอะตอมอื่นที่เลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนและตรวจสอบความถูกต้อง โดยนับจำนวนอะตอมของธาตุและประจุไฟฟ้าทางด้านที่เป็นสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องเท่ากัน มีขั้นตอนการดุลสมการดังนี้

<u>ขั้นที่ 1</u> หาเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยาเพื่อให้ทราบตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์

	$Al(s)$	$+ H^+(aq)$	$\longrightarrow Al^{3+}(aq)$	$+ H_2(g)$
เลขออกซิเดชัน	0	+1	+3	0

<u>ขั้นที่ 2</u> ดุลจำนวนอะตอมและไอออน หาเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์

ตัวรีดิวซ์ เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น 3

	$Al(s)$	$+ H^+(aq)$	$\longrightarrow Al^{3+}(aq)$	$+ H_2(g)$
เลขออกซิเดชัน	0	+1	+3	0

ตัวออกซิไดส์ เลขออกซิเดชันลดลง 1

<u>ขั้นที่ 3</u> ทำจำนวนเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นของตัวรีดิวซ์กับจำนวนเลขออกซิเดชันที่ลดลงของตัวออกซิไดส์ให้เท่ากัน โดยการเติมเลข 2 หน้า Al(s) และ $Al^{3+}(aq)$ และเติมเลข 6 หน้า $H^{+}(aq)$ และ เติมเลข 3 หน้า $H_2(g)$ ได้เป็นดังนี้

เพิ่มขึ้น 2 x (3) = 6

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

0 +1 +3 0

ลดลง = 3 x (2) = 6

<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจสอบจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน

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

ประจุไฟฟ้า 0 + 6(+1) 2(+3) 0

ผลรวมประจุไฟฟ้า +6 +6

สมการนี้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นเท่ากับผลิตภัณฑ์แสดงว่าสมการรีดอกซ์นี้ดุลแล้ว

3. ครูยกตัวอย่างโจทย์ 1 ข้อ ที่ต้องใช้ขั้นตอนการดุลสมการทั้ง 5 ขั้นตอน เช่น

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + H^{+}(aq) + H_2S(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + H_2O(l) + S(s)$$

โดยเมื่อดุลสมการแล้วจะได้ $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^{+}(aq) + 3H_2S(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) + 3S(s)$

ขั้นสรุป

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปขั้นตอนการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน

2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน

8. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จัดทำโดย แม็คเอ็ดดูเคชั่น

2. สื่อนำเสนอ Power Point เรื่อง เลขออกซิเดชัน

3. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

9. **การวัดและประเมินผล**

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	**วิธีวัด**	**เครื่องมือ**	**เกณฑ์การประเมิน**
ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ** 1. อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้	-การถามตอบ	-ข้อคำถาม	- นักเรียนตอบคำถามแบบฝึกหัดได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะ ถือว่า ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) **นักเรียนสามารถ** 1. คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสมการเคมีที่กำหนดให้ได้ 2. เขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้	- การตรวจแบบฝึกหัด - การถามตอบ	-แบบฝึกหัด -ข้อคำถาม	-ปฏิบัติงานได้ชัดเจนเหมาะสมมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) **นักเรียนมี** 1. มีความสนใจใฝ่รู้ ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติติงานและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเรื่องต่าง ๆ 2. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมายและทันเวลาที่กำหนด	-การสังเกต	- แบบประเมิน	- เข้าชั้นเรียนตรงเวลาปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

ภาคผนวก ฉ
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์(ฉบับผู้เชี่ยวชาญ)
- ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน
- ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อการวิจัย

(ฉบับผู้เชี่ยวชาญ)

ประเด็น : มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ .....

ระดับการศึกษาสูงสุด ( ) ปริญญาตรี สาขา.....

( ) ปริญญาโท สาขา.....

( ) ปริญญาเอก สาขา.....

( ) อื่น ๆ(โปรดระบุ) .....

ชื่อโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัยที่ให้ข้อมูล .....

วันที่ ..... **เวลา** .....

ประเด็นคำถาม	.....
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้าของผู้เรียนเป็นอย่างไร	.....
2. ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ มีสาเหตุมาจากอะไร	.....
3. ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง เคมีไฟฟ้า ในประเด็นใด และอย่างไรบ้าง	.....
	.....
	.....
	.....
	.....
	.....
	.....
	.....
	.....
	.....
	.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

ประเด็นในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน :

กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้.....**เรื่อง**.....

วันที่ ..... **เวลา** .....

คำชี้แจง : ให้บันทึกบรรยากาศโดยรวมของการการจัดการเรียนรู้ และการแสดงออกถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้

ประเด็นในการสังเกตพฤติกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน
ผู้วิจัยสร้างแรงจูงใจของกับบริบทการเรียนรู้นักเรียน	
ผู้วิจัยแสดงมโนทัศน์หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ของนักเรียน	
ผู้วิจัยให้นักเรียนทำงานกลุ่มและโต้แย้งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	
ผู้วิจัยแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	
นักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา	

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้บันทึก

แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ประเด็นในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน :

กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้.....**เรื่อง**.....

วันที่ ..... **เวลา** .....

---

1) เมื่อจุ่มโลหะทองแดงในสารละลาย $AgNO_3$ แล้วเกิดผลึกสีเงินเกาะที่แผ่นทองแดง แล้วสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีฟ้าอ่อน จงตอบคำถามต่อไปนี้

   a. เขียนสมการรีดอกซ์

   Oxidation :

   Reduction :

   Redox :

   b. เขียนแผนภาพเซลล์

2) จงเขียนปฏิกิริยาจากแผนภาพเซลล์ต่อไปนี้

   a. $Mg(s) \mid Mg^{2+}(aq) \parallel Fe^{3+}(aq) \mid Fe^{2+}(aq)$

   _____

   b. $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Mg^{2+}(aq) \mid Mg(s)$

   _____

   c. $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Fe^{2+}(aq) \mid Fe(s)$

   _____

   d. $H_2(g) \mid H^{+}(aq) \parallel Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq)$

   _____

ภาคผนวก ช
เอกสารรับรองจริยธรรมในมนุษย์

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบยินยอม
หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 365/2563E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ TMHCC: การประยุกต์ใช้การวิจัยผสานวิธีรูปแบบการจัดกระทำเชิงทดลอง

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นาย วชิรวิทย์ แสงศรี

สังกัด: คณะศึกษาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง:
1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 6 มกราคม 2564
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 6 มกราคม 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 6 มกราคม 2564
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 6 มกราคม 2564

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-365/2563
วันที่ให้การรับรอง : 06/01/2564
วันหมดอายุใบรับรอง : 06/01/2565

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วชิรวิทย์ แสงศรี
วัน เดือน ปี เกิด	13 ตุลาคม 2534
สถานที่เกิด	ร้อยเอ็ด
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2557 การศึกษาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ - เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2564 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	260/228 ตำบลบางเขน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลนักวิจัยดีเด่น กลุ่มครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ จากการประชุมวิชาการระดับชาติ "การศึกษาเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2565"