การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS)

วิทยานิพนธ์
ของ
ญาดา ยวนพันธ์

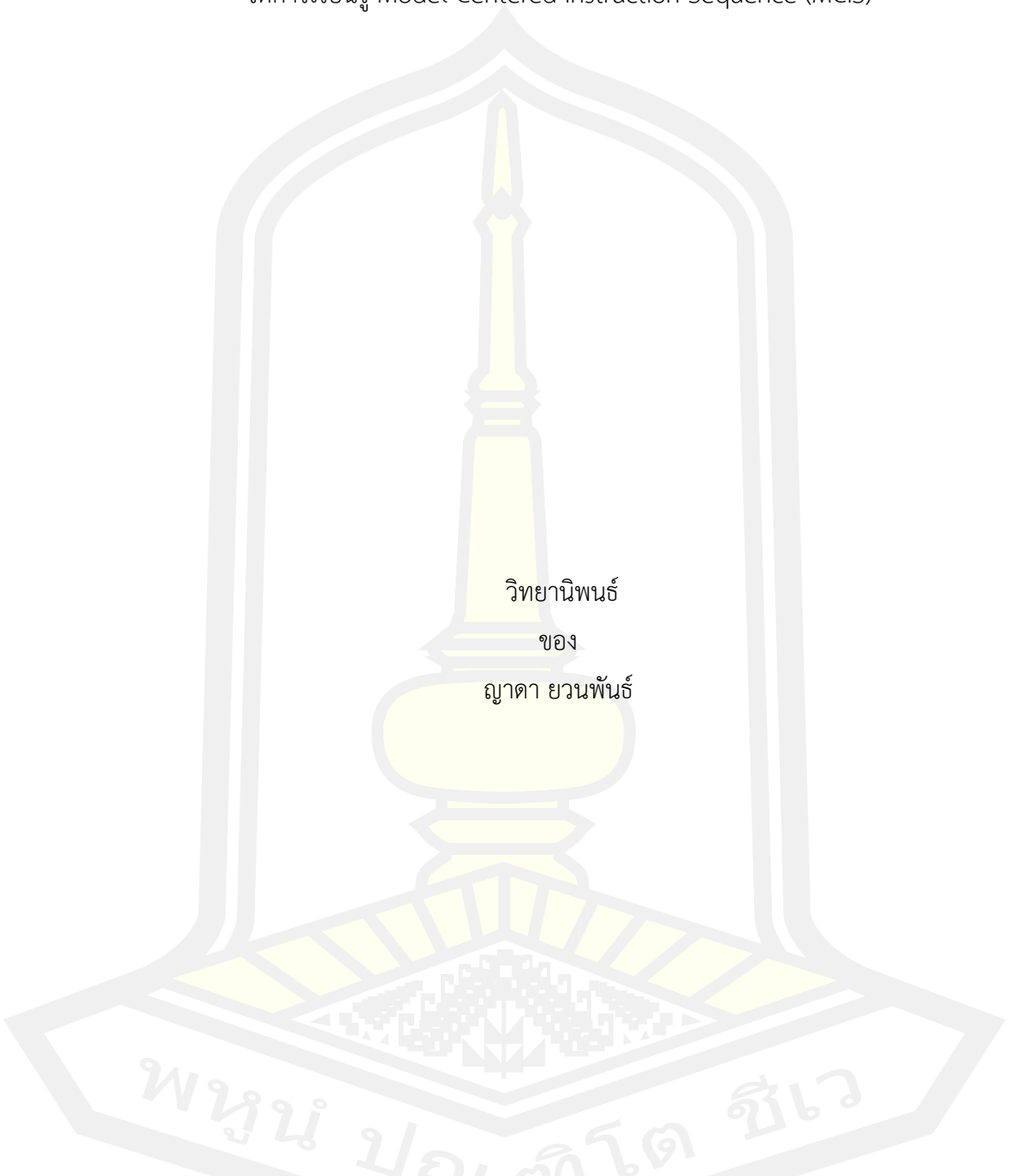
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พฤศจิกายน 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS)

วิทยานิพนธ์

ของ

ญาดา ยวนพันธ์



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พฤศจิกายน 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of 10th Grade's Mental Models in Solutions by using Model-Centered Instruction Sequence (MCIS)

Yada Yuanphan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

November 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวญาดา ยวนพันธ์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. สุมาลี ชูกำแพง)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

---------- กรรมการ
(ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ)

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

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

---------- ----------

(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง) (รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS)

ผู้วิจัย ญาดา ยวนพันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้อยู่ในระดับแบบจำลองทางความคิดที่สูงขึ้นโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 4 ชนิดได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence จำนวน 6 แผน แบบวัดแบบจำลองทางความคิด อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และแบบบันทึกหลังการสอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence โดยเฉพาะในแนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น (ร้อยละ 45.45) สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย (ร้อยละ 51.51) และสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย (ร้อยละ 48.48) และมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) แบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ลดลง

คำสำคัญ : สารละลาย, แบบจำลองทางความคิด, การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence

TITLE Development of 10th Grade's Mental Models in Solutions by using Model-Centered Instruction Sequence (MCIS)

AUTHOR Yada Yuanphan

ADVISORS Associate Professor Prasart Nuangchalerm , Ed.D.

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

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2022

ABSTRACT

This study aimed to develop 10th grade's mental models in solutions to get a higher level of mental models by using Model-Centered Instruction Sequence. The study group consisted of 33 students in grade 10 attending in the second semester of academic year 2021 at Mahasarakham University Demonstration School (Secondary). The instruments used in this research were : 1) 6 lesson plans of solution by using Model-Centered Instruction Sequence 2) mental model test 3) student journal and 4) teacher's note. The statistics that used for analyzing data were percentage, mean, and standard deviation. The result shows that most of students have Correct Mental Models (CMM) of Scientific Models increasing by using Model-Centered Instruction Sequence. The percentages of CMM of dilute solution preparation, boiling point of solutions, and freezing point of solutions by 45.45, 51.51, and 48.48, respectively. The percentages of Complete Flawed Mental Models (CFMM), Flawed Mental Models (FMM), Incoherent Mental Models (IMM), and No respond (NR) are found to be decreasing.

Keyword : mental models, solutions, Model-Centered Instruction Sequence

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้คำปรึกษา ให้แรงบันดาลใจ เข้าใจ สั่งสอนให้คำแนะนำและเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับลูกศิษย์ในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านอื่น ๆ เป็นอย่างดียิ่งจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี ชูกำแพง ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่ทำให้การแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนทำให้ผู้วิจัยได้เกิดประสบการณ์ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด และ ดร. จรูญลักษณ์ วรโคตร ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยให้คำแนะนำเป็นอย่างดียิ่งซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต ชูกำแพง ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะอาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ทุกท่านและนักเรียนที่เกี่ยวข้องทุกคนที่เป็นทั้งครู นักเรียน และน้อง ๆ ในเวลาเดียวกัน

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ และญาติทุก ๆ คนที่คอยให้กำลังในยามที่เหนื่อยและท้อ ขอบคุณเอเคอร์ ไอวี่ เคฟล่า นคินทร์ ที่คอยเป็นความสุขในเวลาที่หมดแรงและทำให้ยิ้มได้ และขอบคุณตัวผู้วิจัยเองที่ยังเข้มแข็งมาถึงตอนนี้ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างมีคุณค่า

ญาดา ยวนพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ความสำคัญของการวิจัย 4

ขอบเขตการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 9

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) 9

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS 26

แบบจำลอง 39

แบบจำลองทางความคิด 43

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51

กรอบแนวคิดการวิจัย 58

บทที่ 3 59
วิธีดำเนินงานวิจัย 59
กลุ่มเป้าหมาย 59
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 60
การเก็บรวบรวมข้อมูล 75
การวิเคราะห์ข้อมูล 77
บทที่ 4 79
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 79
ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 79
ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด 81
ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดทั้ง 3 ครั้งการสอน 119
บทที่ 5 121
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 121
ความมุ่งหมายของการวิจัย 121
สรุปผล 121
อภิปรายผล 122
ข้อเสนอแนะ 130
บรรณานุกรม 132
บรรณานุกรม 133
ภาคผนวก 139
ภาคผนวก ก 140
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ 140
และส่วนในล้านส่วน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 140

ภาคผนวก ข 153
ตัวอย่างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด 153
ภาคผนวก ค 163
ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ 163
ภาคผนวก ง 179
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ 179
ภาคผนวก จ 185
ภาคผนวก ฉ 188
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 188
ภาคผนวก ช 192
ตัวอย่างภาพกิจกรรม 192
ประวัติผู้เขียน 196

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) 9

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้วิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) 19

ตารางที่ 3 บทบาทของครูและนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS 36

ตารางที่ 4 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) 48

ตารางที่ 5 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) 48

ตารางที่ 6 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ อนุพงศ์ ไพรศรี (2560) 49

ตารางที่ 7 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงจากแนวคิดของณัชธฤต เกื้อทาน (2554) 50

ตารางที่ 8 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ 2 62

ตารางที่ 9 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 69

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบสำหรับใช้เก็บข้อมูลในแต่ละครั้งการสอน 70

ตารางที่ 11 เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดผู้วิจัยปรับปรุงจากแนวคิดของณัชธฤต เกื้อทาน (2554) 72

ตารางที่ 12 ข้อคำถามในแบบทดสอบและค่าดัชนีความสอดคล้อง 73

ตารางที่ 13 ประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน 75

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน 79

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน 81

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี้ และเศษส่วนโมล 86

ตารางที่ 17 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีรูปแบบแบบจำลองทางความคิดแนวคิดย่อยเรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายหลังการสอนครั้งที่ 1 93

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ 95

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น 99

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีรูปแบบแบบจำลองทางความคิดแนวคิดย่อยเรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายหลังการสอนครั้งที่ 2 105

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย 107

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย 112

ตารางที่ 23 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีรูปแบบแบบจำลองทางความคิดแนวคิดย่อยเรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายหลังการสอนครั้งที่ 3 117

ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน 119

ตารางที่ 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 167

ตารางที่ 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย ความเข้มข้นของสารละลายในโมลาริตี โมแลล และเศษส่วนโมล ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 169

ตารางที่ 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 3 171

ตารางที่ 28 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการ จัดการเรียนรู้ที่ 4 173

ตารางที่ 29 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 175

ตารางที่ 30 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 177

ตารางที่ 31 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 1 180

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 2 180

ตารางที่ 33 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 3 181

ตารางที่ 34 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างระดับคะแนนและการจัดกลุ่มความหมายของแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย หลังการสอนครั้งที่ 1 182

ตารางที่ 35 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างระดับคะแนนและการจัดกลุ่มความหมายของแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย หลังการสอนครั้งที่ 2 183

ตารางที่ 36 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างระดับคะแนนและการจัดกลุ่มความหมายของแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย หลังการสอนครั้งที่ 3 184

ตารางที่ 37 การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดหลังเรียนทั้ง 3 ครั้งการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เรื่อง สารละลาย..... 186

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Buckley et.al., 2010: 169) 32
ภาพที่ 2 แบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Hestenes, 2006: 12).....33
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002) 47
ภาพที่ 4 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S10.....81
ภาพที่ 5 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 3.....82
ภาพที่ 6 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S10.....82
ภาพที่ 7 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 3 82
ภาพที่ 8 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน 82
ภาพที่ 9 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S10.....83
ภาพที่ 10 แบบจำลองความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S15 86
ภาพที่ 11 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 6.....87
ภาพที่ 12 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S15 87
ภาพที่ 13 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 6 87
ภาพที่ 14 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน.....88
ภาพที่ 15 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S15 88
ภาพที่ 16 ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้การเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาริตี 89
ภาพที่ 17 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 1 ข้อที่ 1 93
ภาพที่ 18 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 1 ข้อที่ 2.....94
ภาพที่ 19 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S6.....95
ภาพที่ 20 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 5 95

ภาพที่ 21 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S6 95
ภาพที่ 22 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 5 96
ภาพที่ 23 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน 96
ภาพที่ 24 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S6 96
ภาพที่ 25 ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ 97
ภาพที่ 26 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S23 99
ภาพที่ 27 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 5 100
ภาพที่ 28 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S23 100
ภาพที่ 29 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 5 100
ภาพที่ 30 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน 101
ภาพที่ 31 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S23 101
ภาพที่ 32 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 2 ข้อที่ 1 105
ภาพที่ 33 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 2 ข้อที่ 2 106
ภาพที่ 34 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S24 107
ภาพที่ 35 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 2 107
ภาพที่ 36 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 2 108
ภาพที่ 37 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน 108
ภาพที่ 38 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S24 108
ภาพที่ 39 ตัวอย่างสื่อออนไลน์ในแผนที่ 5 109
ภาพที่ 40 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S7 112
ภาพที่ 41 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 3 112
ภาพที่ 42 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 3 113
ภาพที่ 43 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน 113
ภาพที่ 44 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S7 113

ภาพที่ 45 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 3 ข้อที่ 1 118
ภาพที่ 46 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 3 ข้อที่ 2 118

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

เคมีเป็นวิชาที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม เนื่องจากเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ เพื่อสื่อความหมายของปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น นักเคมีจึงมักจะใช้และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์ และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยนักเคมีจะใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิดหรือโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ภายในสมองหรือในความคิดของตนซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะตัว หรือที่เรียกว่าแบบจำลองความคิด (Mental models) (Norman et.al., 1983; Greca and Moreira, 2000) การสื่อความหมายของปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นนักเคมีจึงมักใช้และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูลทำนายเหตุการณ์และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Justi and Gilbert, 2002) ทั้งนี้แบบจำลองเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการสร้างการเผยแพร่และการยอมรับในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Giere, 1988; Gilbert, 1991 ;Tomasi, 1988) ซึ่งเมื่อเรานำแบบจำลองไปเชื่อมโยงกับ 3 ระดับของการอธิบายพฤติกรรมทางเคมีแบบจำลองจะอยู่ในระดับสัญลักษณ์เพราะแบบจำลองจะเป็นเสมือนตัวเชื่อมว่าการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคซึ่งเรามองเห็นนั้นแท้จริงแล้ว ในระดับจุลภาคที่มองไม่เห็นนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร กล่าวอย่างง่ายก็คือแบบจำลองจะจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาคให้เรามองเห็นในระดับโมเลกุลเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคนั่นเอง แบบจำลองใช้สำหรับทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นเป็นรูปเป็นร่างที่เข้าใจได้มากขึ้น (Francoeur, 1997) โดยนักเคมีใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิดหรือโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ภายในสมองของตนซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะตัวหรือที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด (Mental models) (Norman, 1983; Greca and Moreira, 2000) การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมีเป้าหมายหนึ่งที่สำคัญก็คือ มุ่งให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือมีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง อันเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจในสารละลายเป็นส่วนสำคัญของเคมีเบื้องต้นมาก โดยเฉพาะในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น การทดลองทางเคมีส่วนใหญ่กำหนดให้นักเรียนรู้วิธีเตรียมสารละลายหรือเจือจางสารละลายที่ทราบความเข้มข้น (Dunnivant et.al., 2002; McElroy, 1996; Wang, 2000) นอกจากนี้ Dahsah and Coll (2007) ยังชี้ให้เห็นว่าเมื่อ นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้บ่อยครั้ง แนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ตัวทำละลาย ตัวละลาย ความเข้มข้นของสารละลาย ความสามารถในการละลายและจำนวนโมล นอกจากนี้ยังมีหัวข้ออื่น ๆ เช่น ปริมาตรและโมเลกุลที่อยู่ในสารละลาย และที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา การทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดจึงเป็นเรื่องสำคัญ จากการสังเกตชั้นเรียนออนไลน์เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในวิชาเคมีพื้นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอม โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) พบว่านักเรียนกล้าที่จะตอบคำถามแต่ไม่มั่นใจในคำตอบของตนเอง สามารถตอบคำถามได้ในส่วนที่เป็นความรู้ความจำเท่านั้น แต่เมื่อถามหาเหตุผลของคำตอบนักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่า แบบจำลองอะตอมของโบร์เกิดขึ้นได้อย่างไร ลักษณะหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้อย่างไร เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน เรื่องสารละลาย ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ภาพวาดและคำอธิบาย มาทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 33 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 33.84 มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) รองลงมานักเรียนร้อยละ 26.77 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นอกจากนี้นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) มีเพียงร้อยละ 7.58 เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์สถานการณ์ที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าเชื่อมโยงกับสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้และใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่อให้เข้าใจในเรื่องสารละลายได้มากขึ้น

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) พัฒนาขึ้นโดยนักวิชาการของมหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกนในปี 2009 ซึ่งโครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ไขปัญหาจากสอนและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่มักจะเป็นไปแบบดั้งเดิม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การสังเกต และการอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Schwarz et.al., 2009: 633;

Windschitl et. al., 2008: 8, อ้างใน ภาณุ บุตรวิเศษ, 2558) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ใช้ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอน ซึ่งทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ เป็นพื้นฐานทฤษฎีและแนวคิดทางการเรียนรู้ที่สำคัญ ทฤษฎีต่อมาคือ ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory) เป็นการแสดงออกทางความคิดของนักเรียนเมื่อตัวนักเรียนเองที่ได้รับรู้จากประสบการณ์ ปรากฏการณ์ จากนั้นจะมีการสร้างความคิดขึ้นมาภายในตนเองที่เรียกว่า แบบจำลองทางความคิด จากนั้นจะแสดงแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิด และความเข้าใจที่อยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Hestenes, 2006: 12) และทฤษฎีสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้พัฒนามาจากการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) หรือการสืบเสาะที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry) เป็นกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนว่าความเข้าใจนั้นสามารถเกิดได้จากสร้างแบบจำลองที่ได้จากการแก้ปัญหา การศึกษาปรากฏการณ์ การลงข้อสรุป หรือการให้เหตุผลด้วยแบบจำลอง หากแบบจำลองที่นักเรียนเสนอแล้วมีข้อบกพร่อง หรือเกิดปัญหา นักเรียนจะสามารถแก้ไขใหม่ได้ (Johnson-Laird, 1983 as cited in Buckley et.al., 2004: 23) โดยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS มีจุดประสงค์ 3 ข้อได้แก่ (1) เพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สำรวจตรวจสอบ ประเมินโดยเพื่อน ปรึกษาหารือหรือโต้แย้งเพื่อลงมติการสร้างและให้เหตุผลโดยอาศัยแบบจำลอง (2) เพื่อให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐาน ฝึกการให้เหตุผลและทำความเข้าใจจากการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสะท้อนความเข้าใจให้มากขึ้น และ (3) เพื่อให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองที่เป็นการได้มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองสามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจในบทเรียนนั้น ๆ โดยขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ 2) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น 3) ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ 4) ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น 5) ขั้นการแนะนำแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง 6) ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง 7) ขั้นการประเมินโดยเพื่อน 8) ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้าง และ 9) ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (Beak et.al., 2010)

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การวิจัยของ Baek et.al. (2010) ที่ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน ใช้เวลา 6 - 8 สัปดาห์ พบว่านักเรียนร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของโกเมศ นาแจ้ง (2554)

ที่มีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบการเคลื่อนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากงานวิจัยของ ภาณุ บุตรวิเศษและคณะ (2558) ได้พัฒนาการการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะเคมี พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนมติเรื่อง พันธะเคมี ก่อนเรียนเฉลี่ยร้อยละ 45.76 หลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 82.95 ซึ่งมีนักเรียนที่มีคะแนนมโนมติหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 95.45 ซึ่งสามารถยืนยันได้ จากงานวิจัยของณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน ในจังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย ในด้านการสร้างและการประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี โดยด้านการปรับปรุงและนำแบบจำลองไปใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดในเรื่องสารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมการทำความเข้าใจเนื้อหาเรื่องสารละลายของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS สำหรับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้

2. ผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการเรียนการสอนในวิชาเคมีได้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ในสถาการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 จำนวน 33 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. เนื้อหาวิชา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในวิชาเคมี ว31231 เคมี 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย โดยยึดเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยภายในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการทำวิจัย 12 ชั่วโมง

4. ตัวแปรที่ศึกษา

ในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ แบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ขั้นตอนการสอนโดยใช้ โมเดลเป็นสำคัญ ที่ประกอบด้วยขั้นตอน การจัดการเรียนการสอน 9 ขั้น ดังนี้

1.1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ ซึ่งสามารถพบเห็นทั่วไปในชีวิตประจำวัน โดยใช้บทความ วีดีทัศน์

ภาพเคลื่อนไหว หรือการสาธิต และมีการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนตั้งคำถามสำคัญเพื่อให้เกิดความคิด สมมติฐาน และสนใจที่จะหาคำตอบ

1.2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคล โดยแสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา หรือแสดงสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด ซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์

1.3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ เป็นการให้นักเรียนแลกเปลี่ยนสมมติฐานร่วมกันภายในกลุ่ม ทำงานร่วมกันเป็นทีม เพื่อสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยวางแผนการตรวจสอบด้วยการสร้างแบบจำลองที่นำการทดลองศึกษาความสัมพันธ์และจากการศึกษาค้นคว้า จากนั้นสังเกตผลการสำรวจตรวจสอบ และวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นด้วยแบบจำลอง อธิบายผลและสะท้อนผลที่สัมพันธ์กับแบบจำลอง ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่จะนำไปใช้สนับสนุนและปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในขั้นต่อไป

1.4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการประเมินแบบจำลองเบื้องต้นด้วยหลักฐานที่ค้นพบที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

1.5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นขั้นที่จะต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือแบบจำลองที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ ด้วยการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากสถานการณ์จำลอง จากนั้นอภิปรายถึงความคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์จำลอง ผลการศึกษาในขั้นนี้จะช่วยทำให้ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นการให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์

1.7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน เป็นการให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเพื่อประเมินแบบจำลองภายในกลุ่มย่อย และเพื่อนภายในกลุ่มเป็นผู้ให้ผลสะท้อนกลับ ซึ่งจะทำหน้าที่อภิปรายโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น เป็นการให้นักเรียนแต่ละคนหรือตัวแทนของกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน จากนั้นเปรียบเทียบแบบจำลองรูปแบบต่าง ๆ ของแต่ละกลุ่มและร่วมกันสร้างแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขใหม่ขึ้นมาเป็นมติร่วมกันในชั้นเรียน และให้

นักเรียนสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองที่ได้คือแบบจำลองที่สามารถทำนายและอธิบายผลได้ดีที่สุด

1.9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย คือการให้นักเรียนนำแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนไปใช้อธิบาย ทำนาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดขึ้นหรือปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันกับปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา

2. แบบจำลองทางความคิด หมายถึง สิ่งที่นักเรียนหรือนักวิทยาศาสตร์แต่ละบุคคลสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนความคิดที่อยู่ภายในสมองหรือองค์ความรู้ที่ได้รับของตนเอง โดยแต่ละบุคคลจะสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยอาศัยพื้นฐานของประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อน ซึ่งแบบจำลองทางความคิดสามารถแสดงออกมาในรูปแบบของ การอธิบาย การเขียนบรรยาย การวาดภาพ หรือการสร้างให้อยู่ในรูปธรรม เพื่อใช้ในการทำนาย หรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และแบบจำลองทางความคิดสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลาหากบุคคลนั้นไปพบเจอประสบการณ์ใหม่จึงมีการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่สอดคล้องกับประสบการณ์นั้น

3. การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด หมายถึง การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดจะใช้เกณฑ์ในการจัดกลุ่มที่ปรับปรุงจากแนวคิดของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) ดังนี้

(1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM) หมายถึง รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

(2) แบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM) หมายถึง รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

(3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM) หมายถึง รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือรูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องแต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

(4) แบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM) หมายถึง รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

(5) แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Models: IMM) หมายถึง รูปภาพที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความหรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล

(6) ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No respond: NR) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพ

4. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เป็นแบบอัตนัย คำถามปลายเปิด (Open - Question) ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่วาดภาพแบบจำลองและส่วนที่ใช้เขียนบรรยายหรืออธิบายเหตุผลประกอบ ซึ่งแบบวัดแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยครั้งนี้สร้างขึ้นทั้งหมด 12 ข้อ ใช้จริง 6 ข้อ เป็นแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่อิงเนื้อหาเรื่องสารละลาย การสอนครั้งที่ 1 จำนวน 2 ข้อ แนวคิดย่อยเรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน 1 ข้อและความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลริตี และเศษส่วนโมล 1 ข้อ การสอนครั้งที่ 2 จำนวน 2 ข้อ แนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ 1 ข้อและการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น 1 ข้อ การสอนครั้งที่ 3 จำนวน 2 ข้อ แนวคิดย่อยเรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย 1 ข้อและสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย 1 ข้อ จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงจากแนวคิดของณัชธฤต เกื้อทาน (2554)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำผลการศึกษามากำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS
3. แบบจำลอง
4. แบบจำลองทางความคิด
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดการวิจัย

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

1. บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จากข้อมูลพื้นฐานของโรงเรียน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2564 มีนักเรียนทั้งหมด 1,807 คน มีห้องเรียนทั้งหมด 49 ห้องเรียน ตั้งอยู่ที่ภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ม.ใหม่) ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150 ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

ระดับชั้น	เพศ		รวม	จำนวนห้องเรียน
	ชาย	หญิง		
ม.1	81	187	286	7
ม.2	110	171	281	7
ม.3	98	153	251	7
ม.4	117	231	348	9
ม.5	123	211	334	9
ม.6	95	230	325	10
รวมทั้งหมด	624	1183	1807	49

1.1 ปัญหาทั่วไปที่พบ

1) ในการจัดการเรียนการสอนในช่วงการระบาดของไวรัสโควิด-19 ทางโรงเรียนจึงได้มีการสร้างห้องเรียนเสมือนจริงจากแพลตฟอร์ม Microsoft team ที่เป็นห้องเรียนเฉพาะการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จึงเป็นการยากในการควบคุมนักเรียนผ่านการเรียนออนไลน์ให้นักเรียนตั้งใจเรียน หรือเข้าเรียนได้อย่างสม่ำเสมอ

2) นักเรียนบางคนขาดความกระตือรือร้น ความรับผิดชอบในการเข้าเรียนในแต่ละวิชารวมถึงการส่งงานที่ได้รับมอบหมาย

1.2 ปัญหาเกี่ยวกับการสอน

1) เมื่อครูถามนักเรียนในห้องเรียนถึงหัวข้อที่เรียนไปภายในวันนั้น นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยกล้าตอบคำถาม แต่มีนักเรียนบางคนที่ตอบแต่ตอบไม่ตรงประเด็น ไม่ตรงตามที่ครูถาม

2) สำหรับนักเรียนที่สามารถตอบได้นั้นส่วนใหญ่แล้วจะลงท้ายด้วยประโยคคำถามอีกครั้ง เนื่องจากไม่แน่ใจในคำตอบ ซึ่งเป็นคำตอบที่เป็นเชิงคำถาม เช่น แบบจำลองอะตอมของทอมสันประกอบด้วยอิเล็กตรอนและโปรตอนกระจายตัวกันอยู่ใช่ไหมคะ เป็นต้น

3) เมื่อนักเรียนสามารถตอบได้ แต่พอครูถามว่าเป็นเพราะอะไร สาเหตุคืออะไร นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการทางวิชาเคมีในหัวข้อที่ครูถามได้

ดังนั้นนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มีนักเรียนทั้งหมด 33 คนแบ่งเป็นนักเรียนชาย 10 คน และนักเรียนหญิง 23 คน

2. หลักสูตรสถานศึกษา

หลักสูตรของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฝ่ายมัธยม

2.1 หลักการ

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาได้ทุกรูปแบบ มีจุดเด่นที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนตามความถนัดและตามศักยภาพ ตอบสนองความ ต้องการในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและการประกอบอาชีพใน

อนาคต ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนและประสบการณ์ สร้างเจตคติที่ดีต่อการใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ นวัตกรรม ส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถดึงศักยภาพของผู้เรียนตามความสนใจและ ความถนัด ปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมและถ่ายทอดวัฒนธรรม เอกลักษณ์ สู่มาตรฐานสากล

2.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1) เป็นหลักสูตรที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเจริญงอกงามด้านสติปัญญา ร่างกาย จิตใจและสังคม

3) พัฒนาศักยภาพผู้เรียนในหลายหลักสูตรและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีวิชาเลือกเสรี เฉพาะด้าน สำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัด

4) พัฒนาศักยภาพผู้เรียนในหลักสูตรที่หลากหลายในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและมีการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนตามความสนใจและความถนัดอย่างต่อเนื่อง โดยในสายวิทยาศาสตร์ มีหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สุขภาพ หลักสูตรวิทยาศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป หลักสูตร SCIENCE - MATHEMATICS GIFTED หลักสูตรโครงการ วมว. และสายศิลป์ มีหลักสูตร ENGLISH GIFTED หลักสูตรศิลป์ภาษา ซึ่งเน้นภาษาที่หลากหลาย มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้านสำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัดมีทักษะใน การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

5) สามารถให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบ มีวินัยในตนเอง กล้าคิด กล้าแสดงความคิดเห็น และมี สภาวะความเป็นผู้นำเพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นประชาธิปไตย

6) มีคุณธรรมจริยธรรมในด้านความกตัญญู ความเมตตากรุณา ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ความซื่อสัตย์ รู้จักประหยัด รักษาวัฒนธรรมไทยและความสามัคคี และมีค่านิยมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

7) มีความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต เพื่อประโยชน์ที่จะเกิดกับตนเองและสังคม

8) มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเพื่อการส่งค้นข้อมูลและนำเสนอ

9) มีสุนทรียภาพในด้านศิลปะ ดนตรีและกีฬา

10) มีวิจารณญาณในการแก้ปัญหาสามารถปรับตัวและเผชิญกับปัญหาได้อย่างชาญฉลาด

2.3 ปรัชญา

“วิชาการที่เต็มที่ อยู่ในคนที่เต็มคน”

2.4 วิสัยทัศน์

เป็นองค์กรที่มีศักยภาพในการพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้ ของตนเอง การหล่อหลอมทักษะการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งการเรียนรู้ด้านวิชาชีพและทักษะ ชีวิต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21

2.5 วัตถุประสงค์

1) เพื่อเป็นสถานศึกษาของบุตรข้าราชการ พนักงานมหาวิทยาลัย และลูกจ้างประจำของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2) เพื่อเป็นโรงเรียนต้นแบบและสร้างเครือข่ายที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ อันเหมาะแก่การพัฒนาสังคมไทยในปัจจุบันและอนาคต

3) เพื่อเป็นแหล่งวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันของอาจารย์ และนักเรียน ให้นักเรียนใฝ่รู้คู่คุณธรรมอย่างแท้จริง

4) เพื่อเป็นการบริการการศึกษาระดับมัธยมศึกษาให้กับเยาวชน

5) เพื่อเป็นสถานศึกษาสำหรับบริการวิชาการและฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

2.6 พันธกิจ

พันธกิจหลักที่โรงเรียนเน้นในการดำเนิน การมีดังนี้

1) เป็นสถาบันต้นแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานสากล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพและมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2) พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับแผนการศึกษาของชาติ

3) ส่งเสริมการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้

4) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ โดยยึดหลักธรรมาภิบาล โปร่งใส สามารถตรวจสอบได้

5) พัฒนาความร่วมมือด้านเครือข่ายทางวิชาการระหว่างองค์กรทั้งในและต่างประเทศ และทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

2.7 ยุทธศาสตร์

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การพัฒนาระบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนเพื่อให้เกิดพัฒนาการการเรียนรู้ที่ดี

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การพัฒนาระบบกิจกรรมพิเศษที่มุ่งพัฒนาศักยภาพนักเรียนทั้งในห้องเรียนและในสถานการณ์จริงให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมและการแข่งขันภายนอก

ยุทธศาสตร์ที่ 4 ส่งเสริมค่านิยมพื้นฐานของระบบผู้นำแบบเอื้ออำนวย โดยอาศัยแนวคิดแบบผู้นำร่วม (Collective Leader)

ยุทธศาสตร์ที่ 5 พัฒนาระบบความก้าวหน้าของบุคลากรสร้างขวัญกำลังใจ และการเติบโตในสายงาน ผ่านการยึดโยงสู่คุณภาพผู้เรียน

ยุทธศาสตร์ที่ 6 พัฒนาระบบสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงสภาพบรรยากาศห้องเรียน สภาพแวดล้อมใน โรงเรียน ด้วยแนวคิดที่เอื้อต่อการเรียนรู้ การใช้พลังงานทดแทน และการมีส่วนร่วมของสมาคมผู้ปกครอง และการปรับเปลี่ยนระบบหอพักของนักเรียนภายใต้บรรยากาศที่ดีและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับวัย

ยุทธศาสตร์ที่ 7 พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ การประชาสัมพันธ์ และภาพลักษณ์องค์กรของโรงเรียนให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน

ยุทธศาสตร์ที่ 8 พัฒนางานองค์กรสัมพันธ์ให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน

2.8 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพ ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

1) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

(1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสารมีวัฒนธรรมในการใช้ภาษา ถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและ ประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลด ปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการ เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

(2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อ

นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

(3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการ ป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

(4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึง ประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

(5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และ มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2.9 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้ สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1) มีความรักและเทิดทูนสถาบันหลัก คือ ชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2) มีความซื่อสัตย์สุจริต ทั้งต่อตนเองและผู้อื่น
3) มีวินัย มีความรับผิดชอบ มีความกตัญญู ต่อผู้มีประคุณ
4) ใฝ่เรียนรู้ แสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต
5) อยู่อย่างพอเพียง รู้จักดำรงตนให้อยู่ในความพอดี
6) มุ่งมั่นและขยันในการเรียน การทำงาน
7) รักความเป็นไทย รู้จักคุณค่า และธำรงไว้ซึ่งศิลปวัฒนธรรม
8) มีจิตสาธารณะ เรียนรู้ในการช่วยเหลือผู้อื่นและสังคม

9) กล้าคิด กล้าทำและกล้านำ มีความกล้าทางความคิด คิดเชิงสร้างสรรค์ กล้าเป็นผู้นำในการปฏิบัติ ในสิ่งที่ดีงาม

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเองที่บ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) คือ กล้าคิด กล้าทำ และกล้านำ

2.10 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการ แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลม ฟ้า อากาศ และภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อ แก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

ชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็น องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสาร พันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การ สังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียง สารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบ การเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

เคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณ ปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบาย ปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการ เคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ ทีเกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและ

กระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของ วัสดุ และมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของ ของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรง นิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

การสอนในรายวิชาเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ได้จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฝ่ายมัธยม โดยในภาคเรียนที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรียนรายวิชาเคมีเบื้องต้น (ว30132) ซึ่งมีจำนวน 1.5 หน่วยกิต การจัดการเรียนรู้เป็น 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 60 ชั่วโมง และในภาคเรียนที่ 2 จะเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติมคือ เคมี 1 (ว31231) ซึ่งมีจำนวน 2 หน่วยกิต การจัดการเรียนรู้เป็น 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 80 ชั่วโมง โดยเนื้อหาปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้วิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ ผลการเรียนรู้
1	1	ปฏิบัติการเคมี (ความปลอดภัยและทักษะ)	สาระเคมีข้อ 3 ม.4/1 บอก และอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ม.4/2 เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ม.4/3 นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง
1	2	โครงสร้างอะตอม	มาตรฐาน ว 2.1 ม.5/1 ระบุว่าสารเป็นธาตุหรือสารประกอบ และอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออน จากสูตรเคมี ม.5/2 เปรียบเทียบความ เหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ม.5/3 ระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมและไอออนที่เกิดจากอะตอมเดียว ม.5/4 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุการเป็นไอโซโทป สาระเคมีข้อ 1 ม. 4/1 สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลองหรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม ม. 4/2 เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป ม. 4/3 อธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอน ในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
1	3	ตารางธาตุและสมบัติของธาตุในตารางธาตุ	มาตรฐาน ว 2.1 ม.5/5 ระบุหมู่และคาบของธาตุ และระบุว่าธาตุเป็นโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ กลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟ หรือกลุ่มธาตุแทรนซิชันจากตารางธาตุ ม.5/6 เปรียบเทียบสมบัติการนำไฟฟ้า การให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างธาตุในกลุ่มโลหะกับอโลหะ ม.5/7 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์แลอันตรายที่เกิดจากธาตุเรพรีเซนเททีฟและ ธาตุแทรนซิชัน สาระเคมีข้อ 1 ม. 4/4 ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุ แทรนซิชันในตารางธาตุ ม. 4/5 วิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเทที่ฟตามหมู่และตามคาบ ม. 4/6 บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และ เปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุ เรพรีเซนเททีฟ ม. 4/7 อธิบายสมบัติ และคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี ม. 4/8 สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
1	4	พันธะเคมี	มาตรฐาน ว 2.1 ม. 5/8 ระบุว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม และระบุจำนวนคู่อิเล็กตรอน ระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ จากสูตรโครงสร้าง ม. 5/9 ระบุสภาพขั้วของสารที่โมเลกุลประกอบด้วย๒ อะตอม ม. 5/10 ระบุสารที่เกิดพันธะไฮโดรเจนได้จากสูตรโครงสร้าง ม. 5/11 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสาร

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ ผลการเรียนรู้
			โคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตาม สภาพขั้วหรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน ม. 5/12 เขียนสูตรเคมีของไอออนและสารประกอบไอออนิก ม. 5/13 ระบุว่าสารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัว พร้อมให้เหตุผลและระบุว่า สารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ หรือนอนอิเล็กโทรไลต์ ม. 5/14 ระบุสารประกอบอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน ว่าอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวจากสูตรโครงสร้าง สาระเคมีข้อ 1 ม.4/8 สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ม.4/9 อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะ ไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์ แบบจุดของลิวอิส ม.4/10 เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ม.4/11 คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักร บอร์น-ฮาเบอร์ ม.4/12 อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก ม.4/13 เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ม.4/14 อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส ม.4/15 เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ม.4/16 วิเคราะห์ และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้ง คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของ สารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ ม.4/17 คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
			สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ม.4/18 ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ ม.4/19 สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ ม. 5/14 ระบุสารประกอบอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอนว่าอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวจากสูตรโครงสร้าง สาระเคมีข้อ 1 ม.4/8 สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ม.4/9 อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะ ไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์ แบบจุดของลิวอิส ม.4/10 เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ม.4/11 คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักร บอร์น-ฮาเบอร์ ม.4/12 อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก ม.4/13 เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ม.4/14 อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส ม.4/15 เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ม.4/16 วิเคราะห์ และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้ง คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของ สารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ ม.4/17 คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
			ม.4/18 ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ ม.4/19 สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ ม.4/20 อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ ม.4/21 เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของ สารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และ โลหะได้อย่างเหมาะสม
1	5	อัตราการเกิดปฏิกิริยา	มาตรฐาน ว 2.1 ม. 5/20 ระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมี ม. 5/21 ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ม. 5/22 สืบค้นข้อมูลและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันหรือในอุตสาหกรรม
1	6	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี	มาตรฐาน ว 2.1 ม. 5/15 สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ชนิดนั้น ม. 5/16 ระบุสมบัติความเป็นกรด-เบสจากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ ม. 5/17 อธิบายสมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ของสาร

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
			ม. 5/18 วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติเทอร์มอพลาสติกและเทอร์มอเซตของพอลิเมอร์และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ ม. 5/19 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม พร้อมแนวทางป้องกันหรือแก้ไข
2	1	ปริมาณสารสัมพันธ์ 1	สาระเคมีข้อ 2 ม.4/1 แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด ม.4/2 คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ม.4/3 คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย ม.4/4 คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส ม.4/5 คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ม.4/6 ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี ม.4/7 คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี สาระเคมีข้อ 3 ม.4/1 บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ม.4/2 เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการและวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ม.4/3 นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
			ทดลอง ม.4/2 เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการและวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ม.4/3 นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง ม.4/4 ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย ม.4/5 บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุและคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลและมวลสูตร ม.4/6 อธิบาย และคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP ม.4/7 คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่ ม.4/8 คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
2	2	ปริมาณสารสัมพันธ์ 2 (สารละลาย)	สาระเคมีข้อ 3 ม.4/9 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ม.4/10 อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด ม.4/11 เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย
2	3	ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ	สาระเคมีข้อ 1 ม.5/1 อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตรความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆตามกฎของบอยล์กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
			ม.5/2 คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส ม.5/3 คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ ม.5/4 คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน ม.5/5 อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม ม.5/6 สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

จากการวิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 2 หรือสารละลาย ซึ่งมีมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ 3 ข้อคือ ม.4/9, ม.4/10 และ ม.4/11 มาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS เนื่องจากผู้วิจัยได้พิจารณาถึงความเหมาะสมของเนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาสอนโดยใช้รูปแบบการโดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS

การสร้างแบบจำลองทางความคิดเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งนอกเหนือจากจะสามารถทำให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองทางความคิดโดยผ่านการปฏิบัติจริง การปฏิบัติการเรียนรู้โดยผ่านลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ที่ชัดเจนจะทำให้นักเรียนเกิดการลำดับความคิดที่ดี อีกทั้งยังได้ฝึกทักษะในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติ

สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ปรึกษาหารือภายในกลุ่ม ล้วนแต่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ MCIS จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการสร้างแบบจำลองทางความคิดและทักษะอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

1. ความเป็นมา ความหมายและเป้าหมายของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้โครงการการออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Modeling Designs for Learning Science: Models Project) โดยมีคณะผู้วิจัย 5 ท่านดังนี้ Hamin Baek, Chritina Schwarz, Jing Chen, Hayat Hokayem และ Li Zhan ประจำมหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน ในปี ค.ศ. 2009 และรูปแบบการจัดการเรียนการสอนนี้ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการสืบสอบแบบแนะแนวทางและการเรียนการสอนการสร้างแบบจำลอง (EIMA) ของ Schwarz and Gwekwerere (2007: 158) และการสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) ของ White and Schawrz (1999: 338) เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้าง การประเมิน และการสื่อสารความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2010)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS หมายถึง การสอนที่เน้นการปฏิบัติการสร้างการใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling Practice) ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้วาทกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Discourse) โดยต้องอาศัยการพูดหรือการเขียนที่เกี่ยวข้องกับระบบความคิดและการให้เหตุผลในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ (Baek et.al., 2010)

1. เพื่อให้นักเรียนได้เป็นส่วนหนึ่งหรือมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Practice) ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การหารือกันเกี่ยวกับแบบจำลองและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การประเมินโดยเพื่อน การโต้แย้งเพื่อลงมติสร้างแบบจำลอง และการให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง (Scientific Modeling Practice) ได้แก่ (1) การสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงสิ่งที่ตนเองเข้าใจ (2) การใช้แบบจำลองในการสร้างคำอธิบายและตั้งสมมติฐานเพื่อตรวจสอบกับปรากฏการณ์ใหม่หรือใช้ในการ

ให้เหตุผล (3) การประเมินแบบจำลองเพื่อปรับปรุงข้อมูลที่ค้นพบ (4) การปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น

3. เพื่อให้นักเรียนสะท้อนความรู้ในขณะที่ปฏิบัติและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต และการอภิปราย

2. แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS

แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ประกอบด้วย 4 แนวคิดและทฤษฎี (1) ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (2) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (4) แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นล้วนจัดอยู่บนพื้นฐานของข้อสันนิษฐานการเรียนรู้ที่มีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท (Hrepic, 2004) คือ (1) ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่เน้นด้านสติปัญญา (Cognitive constructivism) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่อยู่บนพื้นฐานงานของ Piaget (1972) กล่าวถึงการสร้างความรู้ว่าความรู้ถูกสร้างขึ้นเองโดยผู้เรียนและความรู้ดังกล่าวไม่ได้เป็นความรู้ที่รับจากครูผู้สอนเพียงอย่างเดียวเท่านั้นและทฤษฎีแรดิคอล คอนสตรักติวิสต์ (Radical constructivism) ที่อยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์ของผู้เรียนและจะปรับเปลี่ยนได้อย่างถาวรโดยตัวผู้เรียนเอง นำเสนอโดย Von Glasersfeld (1990) (2) ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ (Social constructivism) ที่นำเสนอโดย Vygotsky (1978) การให้ความสำคัญกับบทบาทของการสื่อสารและการใช้ชีวิตทางสังคมในการสร้างความหมายและสติปัญญาเป็นอันดับแรก แต่เนื่องด้วยในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา การสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาในรูปแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น นักเรียนมีการใช้แนวคิดเดิมเพื่อนำไปใช้ในการได้รับประสบการณ์เพื่อสร้างเป็นแนวความคิดใหม่และในทางเดียวกันก็สร้างความหมายจากประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ (Gilbert et.al., 2000: 20) จึงทำให้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นเกิดจากการเรียนรู้และมีความสอดคล้องตามทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่เน้นพัฒนาการทางสติปัญญาที่เสนอโดยเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive Development)

จากงานวิจัยของ Vosniadou and loannides (1998 as cited in Wang, 2007: 5) แสดงให้เห็นว่า "บุคคลสร้างแบบจำลอง และ/หรือ แบบจำลองทางความคิดบนพื้นฐานของความรู้

เดิม ซึ่งบุคคลสามารถดูดซึมหรือยอมรับสารสนเทศใหม่ โดยแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมานี้จะนำไปใช้และทดสอบในสถานการณ์ใหม่ และบุคคลจะยังคงแบบจำลองทางความคิดไว้พิจารณาต่ออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง" เมื่อนักเรียนพยายามที่จะสร้างความเข้าใจ และสร้างความหมายด้วยการสร้างแบบจำลองทางความคิดบนพื้นฐานของความรู้เดิมเป็นกระบวนการดูดซึม (Assimilation) เนื่องจากนักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมโดยนำข้อมูลหรือความรู้ใหม่ที่ได้รับไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างความรู้ที่ตนมีอยู่ เมื่อแบบจำลองทางความคิดไม่ประสบความสำเร็จจากการดูดซึมประสบการณ์ใหม่หรือจากแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่ครูผู้สอนแนะนำขึ้นมาในชั้นเรียน นักเรียนจะเริ่มรู้สึกไม่พอใจกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น หรือเกิดภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) และนักเรียนอาจจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองอย่างรวดเร็วหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ โดยการเพิ่มเติม ตัดออก ปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ ลักษณะและความสัมพันธ์ในแบบจำลองทางความคิด จนนักเรียนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) (Glynn and Duit, 1995 as cited in Wang, 2007: 7-8; ทิศนา แขมมณี, 2552: 90-94) และเกิดการสร้างความหมายได้ด้วยตัวของนักเรียนเองหรือความรู้ถูกสร้างขึ้นในความคิดของนักเรียนที่เป็นผลมาจากกระบวนการสร้างและการถูกทดสอบอย่างต่อเนื่อง (Bodner et.al., 2001 as cited in Hrepic, 2004: 7)

จากมุมมองตามทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์สามารถกล่าวได้ว่า "แบบจำลองทางความคิดเป็นโครงสร้างความเข้าใจที่อยู่ภายใต้ตัวบุคคล ทั้งที่เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างความรู้ขึ้นมาและเป็นพื้นฐานความคิดที่ใช้ในการสร้างความรู้" (Brandt, 2002 as cited in Hrepic, 2004) ซึ่งนักเรียนจะเรียนรู้โดยการเชื่อมโยงสารสนเทศที่รวมเข้าไว้ด้วยกันกับสิ่งที่นักเรียนรู้แล้ว โดยหลักสำคัญพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่กล่าวถึงสติปัญญา (Cognition) ว่าเกี่ยวข้องกับรูปแบบการเกิดการเรียนรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีทางจิตวิทยาญาณวิทยา (Epistemology) ว่ามีการปรับเปลี่ยนและการตอบสนองต่อประสบการณ์จริงที่ได้รับอย่างต่อเนื่อง (Osborn, 1993 as cited in Osborn and Whittrock, 1983) สรุปได้ดังนี้

1) ความคิดของนักเรียนมีผลต่อการเลือกใช้ที่เกิดจากการรับรู้ทางประสาทสัมผัสโดยสมองจะทำหน้าที่เลือกข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ

2) ความคิดเดิมของนักเรียนจะส่งผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสในการให้ความสนใจหรือเพิกเฉยต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งความหมายที่ติดตัวนักเรียนมาตั้งแต่เกิด

3) การเลือกข้อมูลหรือความสนใจของนักเรียนนั้นไม่ได้เกิดจากการสร้างความหมายที่ติดตัวกับนักเรียนมาตั้งแต่กำเนิด

4) นักเรียนจะสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความจำที่เก็บไว้และการรับรู้ทางประสาทสัมผัสเพื่อสร้างความหมายขึ้นใหม่ด้วยตัวนักเรียนเอง

Krause, Bochner, & Duchesne (2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการพัฒนาการและการเรียนรู้ทางจิตวิทยา โดยสรุปหลักการที่สำคัญของทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ไว้ 4 ข้อ ดังนี้

1) นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำ

2) นักเรียนเป็นผู้ควบคุมตนเอง

3) ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญา

4) การสร้างความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง กล่าวคือ การทำให้ข้อมูลเป็นเหตุเป็นผลและมีความสัมพันธ์กันกับความรู้เดิมขึ้นอยู่กับกระบวนการส่วนบุคคล เช่น ความรู้เดิมที่มีอยู่และบริบททางวัฒนธรรม เป็นต้น

นอกจากนี้ Gilbert et.al., (2000: 20) ยังได้สรุปธรรมชาติในการสร้างความเข้าใจของนักเรียนโดยอิงบริบททางวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ไว้ดังนี้

1) การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในช่วงแรกเกิดของเด็กจะพัฒนาทั้งความหมายของคำที่ใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์และคำที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวของเด็ก

2) ความคิดของความเป็นเด็กนั้นจะยังคงอยู่เสมอและจะมีความแตกต่างจากความคิดเห็นอย่างนักวิทยาศาสตร์

3) เด็กจะสร้างความเข้าใจโดยการสร้างความหมายบนพื้นฐานแนวคิดเดิมเมื่อพบกับปรากฏการณ์ใหม่

4) นักเรียนจะรักษา แก้ไข หรือเปลี่ยนความเข้าใจที่มีอยู่เดิมเมื่อได้รับการสอนหรือได้รับความคิดใหม่

ฉะนั้นความเกี่ยวข้องระหว่างทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์และกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า ความรู้ของนักเรียนสร้างขึ้นจากกระบวนการสร้างและทดสอบแบบจำลองทางความคิดบนพื้นฐานของแนวคิดเดิมเมื่อเผชิญกับสารสนเทศใหม่ที่ได้รับอย่างต่อเนื่อง โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับไปนั้น โครงสร้างความรู้เดิมหรือแบบจำลองทางความคิดที่ตนเองมีอยู่ เมื่อนักเรียนได้แลกเปลี่ยนหรือตรวจสอบความรู้จนพบว่ายังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่จนเกิดการปรับ

โครงสร้างทางปัญญาเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นภายในความคิดและสร้างความหมายได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์มีลักษณะที่ส่งเสริมการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างและจัดระบบโครงสร้างความรู้ใหม่อย่างต่อเนื่อง และนักเรียนจะต้องสร้างและปรับโครงสร้างใหม่ด้วยตนเอง

2) นักเรียนเป็นผู้ให้ความหมายกับประสบการณ์ที่ได้รับให้เป็นไปตามความเข้าใจของตนเอง โดยใช้ประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมหรือแนวคิดเดิมเป็นพื้นฐาน

3) การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้แลกเปลี่ยนหรือตรวจสอบความรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

4) นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนรู้ หรือเป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ

2.2 การเรียนการสอนที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Teaching and Learning : MBTL) หรือ การเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการบนพื้นฐานงานวิจัยระหว่างจิตวิทยาทางสติปัญญา (Cognitive Psychology) และการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science Education) (Buckley et.al., 2010: 169) หมายถึง การสร้างแบบจำลองทางความการเรียกซ้ำในกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงและเพิ่มรายละเอียด (Buckey and Boulter, 2000: 121) โดยทฤษฎีนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมมติฐานที่ว่า "ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลอง ทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา (Problem-solving) การลงข้อสรุป (Inferencing) หรือการให้เหตุผล (Reasoning) จากการใช้แบบจำลองทางความคิด" (Johnson-Laird, 1983 as cited in Buckley et.al., 2004: 23) และนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมบูรณาการเข้ากับสารสนเทศใหม่ และได้ขยายความรู้ต่อไป (Osborn & Wittrock, 1985 as cited in Buckey and Boulter, 2000: 121)

Buckley et.al., (2004: 23) ได้ให้ความเห็นว่า "แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นสิ่งที่อยู่ภายใน กล่าวคือ เป็นกระบวนการคิดเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนที่ใช้ในการให้เหตุผลกับสิ่งต่าง ๆ และมีอิทธิพลต่อการรับรู้ปรากฏการณ์และความเข้าในสารสนเทศ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์และการเป็นตัวอย่างที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองทางความคิด" แบบจำลองทางความคิดนี้จะเกิดขึ้นจากการใช้ กระบวนการอุปนัยจากประสบการณ์การสร้างแบบจำลองจากการนำสารสนเทศมาปะติดปะต่อกัน และ/หรือเขียนจากการเทียบเคียง แบบจำลองหรือปรากฏการณ์ (Buckley and Boulter, 2000: 121) ซึ่งการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐานได้ ดังแผนภาพต่อไปนี้

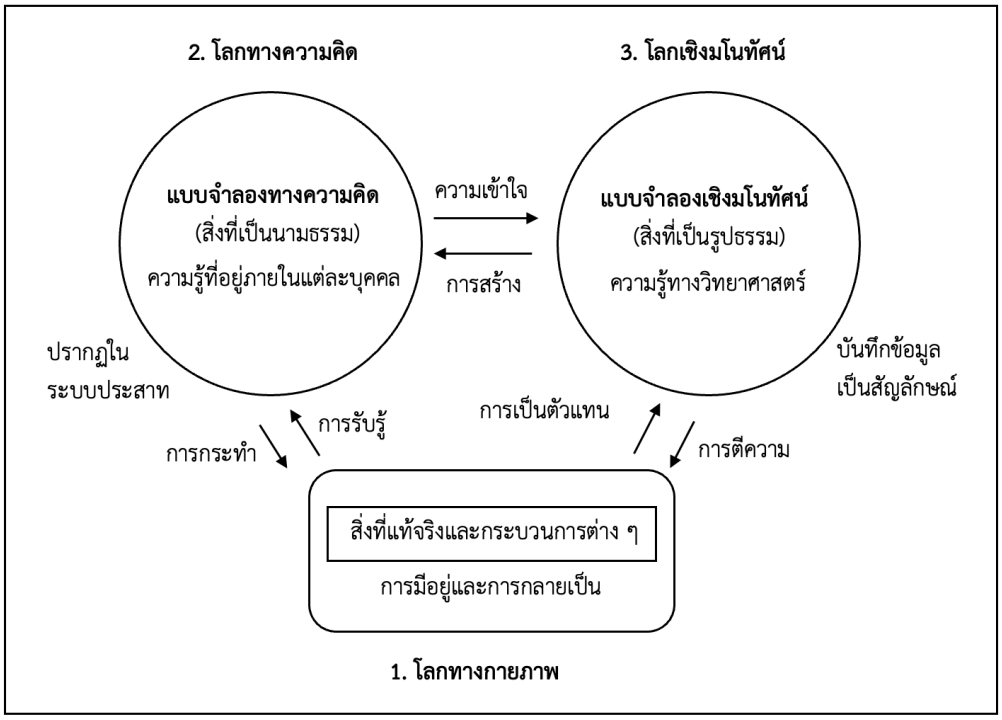
ภาพที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Buckley et.al., 2010: 169)

จากแผนภาพข้างต้นกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนอธิบายได้ดังนี้ ในการตอบสนองภาระงานของครู นักเรียนจะเขียนแบบจำลองจากความรู้เดิม และสารสนเทศใหม่ที่ได้รับในระหว่างการสร้างแบบจำลอง เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวบรวมความรู้มาจากหลาย ๆ แหล่ง อันได้แก่ ประสบการณ์ตรงที่ได้รับจากปรากฏการณ์ของตนเอง ประสบการณ์ที่ได้รับผ่านวีดีทัศน์ หรือสถานการณ์จำลอง หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับการแสดงการเป็นตัวแทนที่หลากหลาย (Representations) และแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed models) เป็นต้น และความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจอยู่ในลักษณะแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองทางความคิดนี้ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่แสดงออกมาในหลากหลายรูปแบบ ใช้เพื่อทำความเข้าใจและประเมินแบบจำลองที่นักเรียนคนอื่นสร้างขึ้นรวมไปถึงการใช้เพื่อทดสอบแบบจำลองทางความคิดของตัวนักเรียนเอง ถ้านักเรียนใช้แบบจำลองตามภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จกล่าวคือแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้วแบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามถ้าแบบจำลองดังกล่าวเกิดความไม่สอดคล้องและ/หรือ แบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนอาจจะปฏิเสธแบบจำลองดังกล่าว และสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่อีกครั้ง หรือปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างไว้ในตอนเริ่มต้น โดยการปรับปรุงแก้ไขเพียงบางส่วน หรืออาจเพิ่มเติม และรวบรวมแบบจำลองที่มีอยู่ เพื่อทำให้เป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ นักเรียนที่สร้างแบบจำลองจนเกิดความชำนาญจะสามารถ

ปรับเปลี่ยนการแสดงการเป็นตัวแทนลักษณะของปรากฏการณ์ โดยมีความสอดคล้องและเป็นไปตามภาระงานที่ได้รับ (Buckley and Boulter, 2000: 122; Buckley et.al., 2004: 24) เมื่อแบบจำลองทางความคิดนี้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับความรู้ที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองที่ครูสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนซึ่งเรียกว่า แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นได้รับการทดสอบผ่านกระบวนการทดลอง ซึ่งเผยแพร่วรรณกรรมทางวิทยาศาสตร์และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสังคมวิทยาศาสตร์ แบบจำลองนั้นจะเรียกว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) (Wang, 2000: 7)

2.3 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory)

เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายโครงสร้างของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดย Hestenes (2006) ได้สร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง (Modeling Structure of Cognition) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mentals) และแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Models) ว่าควรสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาไว้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Hestenes, 2006: 12)

จากแผนภาพข้างต้นแสดงลักษณะทางปัญญาของบุคคลที่เป็นการสร้างและการจัดการแบบจำลองทางความคิดภายในตน โดยแบบจำลองทางความคิดเป็นการสร้างความคิด ภายในตนของแต่ละบุคคลที่เกิดจากการรับรู้ปรากฏการณ์ ความคิดที่สร้างขึ้นสามารถยกระดับเป็น

แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ด้วยการเข้ารหัสโครงสร้างแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่จะกระตุ้นแบบจำลองทางความคิดของแต่ละบุคคล และสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดของบุคคลอื่น ที่เป็นตัวแทนของการรับรู้ปรากฏการณ์จึงถือเป็นการสร้างและใช้แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่แสดงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกัน แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิดนี้ ยังไม่ได้เป็นทฤษฎีที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ฉะนั้นจึงไม่สามารถที่จะกล่าวอ้างงานวิจัยอื่น ๆ ที่จะยอมรับแนวทางการตีความจากผลที่เกิดขึ้นเพื่อสนับสนุนทฤษฎีการสร้างแบบจำลองได้แต่หลักฐานที่ใช้กว้างขวางและสอดคล้องกันมากที่สุดนั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจากความรู้ความเข้าใจทางภาษา (Cognitive Linguistics) ที่กล่าวว่า “ภาษาไม่ได้อ้างอิงโดยตรงไปยังโลก แต่อ้างอิงเป็นแบบจำลองทางความคิดและองค์ประกอบ โดยภาษาจะช่วยหรือปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดเพื่อเป็นการแสดงความเข้าใจจากการบอกเล่าเรื่องราว”

2.4 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง Rea-Ramirez, Clement, & Nunez-Oviedo (2008: 30) ได้กล่าวถึง แนวคิดที่ใช้อธิบายกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์และคนทั่วไปใช้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแนวคิดดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม สรุปได้ดังนี้

1) กลุ่มที่หนึ่ง ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีแบบจำลองทางความคิดซึ่งเป็นผลมากจาก การศึกษาของ Philip Jonhson-Laird (1983) ที่เน้นการเชื่อมโยงทางจิตวิทยาเชิงความหมาย (Sematic) มากกว่าการอนุมาน (Inference) ซึ่งกล่าวไว้ว่า “เมื่อบุคคลแก้ปัญหาเชิงตรรกะแทนการใช้เหตุผลแบบนิรนัย เขาจะสร้างแบบจำลองขึ้นและตรวจสอบความถูกต้องผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบและคัดแบบจำลองอื่น ๆ ที่เท่าเทียมกันออก”

2) กลุ่มที่สอง เป็นกลุ่มนักวิจัยด้านการรู้คิด (Cognitive Researchers) กล่าวไว้ว่า “กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์และคนทั่วไปใช้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสร้างมโนทัศน์และปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการตรวจสอบกระบวนการให้เหตุผลที่ดำเนินการโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญในขณะที่แก้ปัญหาคาอธิบาย หรือในขณะที่กำลังปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ”

3) กลุ่มที่สามเป็นกลุ่มศาสตร์ด้านการรู้คิดทางจิตวิทยากระบวนการสร้างแบบจำลอง (Psychology of Modeling Process) ได้แก่ การใช้การเปรียบเทียบ (Analogy) การสร้างแบบจำลองทางความคิด และจินตนาการ เป็นต้น โดย Collins and Gentner (1987) ได้เสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแนวทางที่บุคคลใช้สร้างแบบจำลองทางความคิดโดยใช้การเปรียบเทียบ ซึ่งกล่าวไว้ว่า “บุคคลจะใช้การเปรียบเทียบจัดกลุ่มในระหว่างการให้เหตุผลเกี่ยวกับปริเขตที่ยังไม่คุ้นเคย เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นใหม่ที่สามารถเรียกใช้เพื่อทำนายเกี่ยวกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ ต่าง ๆ ของโลกความจริง โดยเรียกปริเขตที่รู้จักว่า ฐาน (Base) และเรียกปริเขตที่ไม่รู้จักว่า เป้าหมาย (Target) เมื่อบุคคลไม่คุ้นเคยกับสถานการณ์ที่ซับซ้อน เขาจะแบ่งระบบเป้าหมายเป็น

ชุดขององค์ประกอบของแบบจำลอง โดยการจัดกลุ่มที่ใช้แนวเทียบจากระบบพื้นฐานที่แตกต่างกัน หรือกล่าว ได้ว่า บุคคลตั้งสมมติฐานว่าวัตถุสามารถใช้การเปรียบเทียบได้มากกว่าหนึ่งอย่าง เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของสถานการณ์ที่ไม่รู้จักให้สมบูรณ์”

3. ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูMCIS

การจัดการเรียนรู้ MCIS ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 9 ขั้นดังนี้ (Baek et.al., 2010)

1) ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ ซึ่งสามารถพบเห็นทั่วไปในชีวิตประจำวัน โดยใช้บทความ วีดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหว หรือการสาธิต และมีการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนตั้งคาถามสำคัญเพื่อให้เกิดความคิด สมมติฐาน และสนใจที่จะหาคำตอบ

2) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคล โดยแสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา หรือแสดงสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด ซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์

3) ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ เป็นการให้นักเรียนแลกเปลี่ยนสมมติฐานร่วมกันภายในกลุ่ม ทำงานร่วมกันเป็นทีม เพื่อสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยวางแผนการตรวจสอบด้วยการสร้างแบบจำลอง ที่นำการทดลองศึกษาความสัมพันธ์และจาการศึกษาค้นคว้า จากนั้นสังเกตผลการสำรวจตรวจสอบ และวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นด้วยแบบจำลองที่แสดงด้วยผังกราฟฟิก หรือแบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ อธิบายผลและสะท้อนผลที่สัมพันธ์กับแบบจำลอง ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่จะนำไปใช้สนับสนุนและปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในขั้นต่อไป

4) ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการประเมินแบบจำลองเบื้องต้นด้วยหลักฐานที่ค้นพบที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

5) ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นขั้นที่จะต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือแบบจำลองที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ ด้วยการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากสถานการณ์จำลอง จากนั้นอภิปรายถึงความคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์จำลอง ผลการศึกษาในขั้นนี้จะช่วยทำให้ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6) ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นการให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์

7) ขั้นการประเมินโดยเพื่อน เป็นการให้นักเรียนแต่ละคน นำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเพื่อประเมินแบบจำลองภายในกลุ่มย่อย และเพื่อนภายในกลุ่มเป็นผู้ให้ผลสะท้อนกลับ ซึ่งจะทำหน้าที่อภิปรายโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

8) ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น เป็นการให้นักเรียนแต่ละคนหรือตัวแทนของกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน จากนั้นเปรียบเทียบแบบจำลองรูปแบบต่าง ๆ ของแต่ละกลุ่มและร่วมกันสร้างแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขใหม่ขึ้นมาเป็นมติร่วมกันในชั้นเรียน และให้นักเรียนสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลองซึ่งแบบจำลองที่ได้คือแบบจำลองที่สามารถทำนายและอธิบายผลได้ดีที่สุด

9) ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย คือการให้นักเรียนนำแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนไปใช้อธิบาย ทำนาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดขึ้นหรือปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันกับปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา

4. บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้ MCIS

บทบาทของครูและนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ MCIS สรุปได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 บทบาทของครูและนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ คือ การกระตุ้นความสนใจด้วยสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน แสดงความคิดเห็นหรือสมมติฐานและตั้งคำถาม	(1) กระตุ้นความสนใจในปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา โดยการสาธิต หรือยกตัวอย่าง (2) ใช้คำถามเพื่อก่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ (3) ใช้คำถามที่ก่อให้เกิดข้อสงสัยเกิดเป็นข้อคำถามหรือตั้งสมมติฐาน	(1) แสดงความสนใจต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) เชื่อมโยงความรู้โดยพิจารณาความรู้เดิมที่มีอยู่กับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา (3) ตั้งสมมติฐาน

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
2. การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น คือ การแสดงความคิดหรือสมมติฐานที่มีต่อปรากฏการณ์ออกมาเป็นแบบจำลองรายบุคคล	(1) ชี้ให้เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง (2) ให้คำแนะนำในแนวคิดที่เป็นแบบจำลอง ที่อธิบายความสัมพันธ์และสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์	(1) แสดงความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่สนใจจากปรากฏการณ์ด้วยการเขียนเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด (2) ซักถาม ขอคำแนะนำในแนวคิดที่เป็นแบบจำลอง
3. การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ คือ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้สมมติฐานศึกษาค้นคว้าสังเกตหรือทดลอง แล้ววิเคราะห์ผลเพื่อทดสอบความคิดหรือตรวจสอบสมมติฐาน	(1) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ (2) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนจำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบสมมติฐานของตนเอง (3) ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ	(1) เตรียมและ/หรือใช้วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ (2) แลกเปลี่ยนสมมติฐานที่ตั้งขึ้นภายในกลุ่ม และสำรวจตรวจสอบด้วยการสร้างแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง (3) สร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูลและแสดงการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ (4) ซักถาม ขอคำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ
4. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น คือ การนำผลการศึกษาค้นคว้าทดลองมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	(1) นำอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า ทดลอง (2) ใช้คำชี้แนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	(1) นำผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง คือ การเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือแบบจำลอง	(1) แสดงสถานการณ์จำลองเพื่อนำเสนอมโนทัศน์ที่สำคัญในบทเรียนและกระบวนการที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ (2) แนะนำคำศัพท์เฉพาะ	(1) แสดงความสนใจโดยการตอบคำถามและอธิบายผลการศึกษาค้นคว้า ทดลอง (2) ศึกษาเรียนรู้จากความคิดและสถานการณ์จำลองเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น
6. การประเมิน ปรับปรุงแบบจำลอง คือ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	(1) กระตุ้นให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง (2) ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง	(1) นำแนวคิดที่ได้จากการอภิปรายผลการทดลองหรือการเรียนรู้สถานการณ์จำลองมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง
7. การประเมินโดยเพื่อน คือ นำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเพื่อประเมินแบบจำลองเป็นกลุ่มย่อย	1) กระตุ้นให้นักเรียนภายในกลุ่มประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองที่ครูกำหนด	(1) นำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่มย่อย (2) อภิปรายเพื่อประเมินและตรวจสอบแบบจำลอง (3) ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
8. การลงมติแบบจำลองที่สร้าง คือ การนำลักษณะเด่นของแบบจำลองมาสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	(1) ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง (2) ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความต่าง และจำแนกลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง	(1) นำเสนอแบบจำลองของกลุ่มต่อชั้นเรียน (2) นำลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองแต่ละกลุ่มมาสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ของชั้นเรียน (3) สรุปความคิดสำคัญเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
9. การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย คือ นำแบบจำลองที่เป็นมติไปใช้ทำนายหรืออธิบายเพื่อแสดงการนำความรู้ไปใช้และให้เหตุผลในสถานการณ์ใหม่	(1) กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกัน (2) นำอภิปรายเพื่อตรวจสอบผลการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์	(1) นำแบบจำลองที่มีความเห็นร่วมกันไปใช้เพื่อแก้ปัญหา อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่กำหนด

แบบจำลอง

"แบบจำลอง" เป็นคำศัพท์ที่แปลมาจาก คำว่า "Model" ซึ่งมีนิยามและความหมายแตกต่างกันออกไปจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและการนำคำไปใช้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาผู้วิจัยจะกล่าวถึงความหมายของแบบจำลองที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษาเท่านั้น

1. ความหมายของแบบจำลอง

นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้ Coll (1999) ได้อธิบายไว้ว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือ อาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองคือตัวแทนของวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการหรือระบบซึ่งจะเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับโลกของความจริง (Gibert, 1991) ซึ่งสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือ กฎ หากกว่าอีกอย่างหนึ่งได้ว่า แบบจำลอง คือวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมาย (Target) ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองทางความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือรวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยแบบจำลองเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ซึ่งช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555) ดังที่ Gobert and Buckley (2000) ได้อธิบายว่าแบบจำลองเป็นการแสดงตัวแทนของระบบที่มีความซับซ้อนหรือระบบที่เป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจเพื่อให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นและสัมผัสได้ด้วยตาเปล่า ทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น และแบบจำลองนั้นจะมุ่งเน้นแสดงลักษณะที่เจาะจงของระบบนั้น

ในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาถือได้ว่า แบบจำลอง เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สามารถสื่อสารและมีส่วนช่วยทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์

ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ (Coll et.al., 2006) ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นสิ่งสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาเคมี ซึ่งเป็นวิชาที่เนื้อหาค่อนข้างซับซ้อนและเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและมีการสร้างแบบจำลองของตนเองก็จะสามารถเข้าใจแนวคิดในวิชาเคมีได้ง่ายขึ้น (Gilbert et.al., 2000) โดยแบบจำลองทุกชนิดที่มนุษย์สร้างหรือประดิษฐ์นั้นล้วนแต่มีข้อจำกัด และใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมาย ดังนั้นเพื่อใช้แบบจำลองให้เกิดประสิทธิภาพกับนักเรียน นักเรียนจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมายของสิ่งที่จะศึกษา ตัวอย่างเช่น การสร้างแบบจำลองอวัยวะของมนุษย์เพื่ออธิบายระบบอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายมนุษย์ (เป้าหมาย) อาจมีขนาดใกล้เคียงกับเป้าหมาย แบบจำลองแสดงการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ ตัวอย่างของแบบจำลองนี้อาจมีขนาดที่เล็กกว่าเป้าหมาย หรือแบบจำลองอะตอมซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมาย เป็นต้น ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง (Gilbert and Ireton, 2003) แต่ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะมีข้อจำกัดแต่ก็สามารถเสนอและอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมที่สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่านักการศึกษาและนักวิจัยได้ให้ความหมายแบบจำลองที่มีความสำคัญและมีความหมายที่สอดคล้องกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สรุปความหมายของแบบจำลอง ว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนความคิดหรือเป็นตัวแทนของเป้าหมาย ในการใช้อธิบาย แนวคิด กฎ ทฤษฎี เหตุการณ์ กระบวนการหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว่าแบบจำลองอาจมีข้อจำกัดก็ตาม

2. ประเภทของแบบจำลอง

แบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะยึดวิธีการแบ่งประเภทของแบบจำลองตามแนวคิดของ Gilbert (2005) ซึ่งเป็นการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่เน้นในเรื่องการสร้างแบบจำลองและนำแบบจำลองไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ โดย Gilbert (2005) ได้แบ่งแบบจำลองเป็น 8 ประเภท โดยอาศัยลักษณะที่แตกต่างกันของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental model) เป็นแบบจำลองหรือภาพในสมองที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายใน ถือว่าเป็นแบบจำลองเฉพาะตัวของแต่ละบุคคลที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้กับทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ กัน

2) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ

จากประชาคมวิทยาศาสตร์และมีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ ซึ่งแสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลกสามารถแสดงหรือนำเสนอออกมาในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

3) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) เป็นแบบจำลองทางความคิดที่มีการนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นรับรู้ ซึ่งอาจจะแสดงออกในรูปแบบของคำพูด การอธิบาย ภาพวาด หรือลักษณะท่าทาง เป็นต้น

4) แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากสมาชิกภายในกลุ่ม ผู้ซึ่งศึกษาเรื่องนั้น ๆ อาจจะแตกต่างกันหรือเหมือนกัน ขึ้นอยู่กับผลการทดลองหรือประสบการณ์ของแต่ละคน

5) แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical model) เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในอดีตที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่นแบบจำลองอะตอมของนีล โบร์ เป็นต้น

6) แบบจำลองหลักสูตร (Curricular model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอิส ที่ใช้แสดงโครงสร้างของอะตอมและการสร้างพันธะของสารในเรื่องพันธะเคมี เป็นต้น

7) แบบจำลองการสอน (Teaching Model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้การอุปมา อุปไมย (Analogy) หรือเรียกอีกนัยหนึ่งว่าการเปรียบเทียบ ระหว่างระบบสุริยะจักรวาลกับโครงสร้างอะตอม เป็นต้น

8) แบบจำลองผสม (Hybrid Model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน เช่น ในตอนเริ่มต้นการสอนเรื่องแบบจำลองอะตอมในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อาจจะใช้แบบจำลองของโบร์ ในขณะที่ในระดับอุดมศึกษาอาจใช้แบบจำลองของชโรดิงเจอร์มาช่วยอธิบายให้นักเรียนมีความเห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น

เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดเป็นการแสดงตัวแทนความคิดที่ผู้เรียนแต่ละคนสร้างขึ้นมา โดยมีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งแบบจำลองทางความคิดนั้นเกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ดังนั้นผู้สอนไม่สามารถที่จะเข้าถึงและรับรู้ได้โดยตรง อย่างไรก็ตามแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนแต่ละคนสร้างขึ้น สามารถเผยแพร่สู่สาธารณะได้ ผ่านแบบจำลองที่แสดงออกเป็นรายบุคคล มีการปรับปรุงเพื่อแก้ไขแบบจำลองก่อนจะให้ประเมินโดยเพื่อน เพื่อให้ได้แบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่ม และร่วมกันปรับปรุง แก้ไข เพื่อให้แบบจำลองนั้นเป็นระดับมติของชั้นเรียนและสามารถนำมาใช้ทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้ โดยผู้วิจัยจึงศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนผ่านแบบจำลองที่แสดงออกโดยการ ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาด้วยการวาดภาพ พร้อมทั้งเขียนอธิบายตุผลประกอบตามสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้

3. รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก

การสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่มีลักษณะจำเพาะเจาะจงของแต่ละบุคคลที่ใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นสร้างเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ใช้ในการสร้างความหมายและความเข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Norman, 1983; Gilbert et.al., 2000) และเป็นสิ่งที่บุคคลอื่นยากที่จะสามารถเข้าถึงได้หรือเข้าใจแบบจำลองหรือภาพในสมองของนักเรียนได้ ดังนั้นจึงต้องให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นออกมาผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งแบบจำลองของนักเรียนสามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบ ดังนี้ (Boulter and Buckley, 2000: 46-47; Gilbert, 2005: 13)

1) แสดงออกในลักษณะของรูปธรรม (Concrete or material mode) คือ การแสดงออกในลักษณะสามมิติ ซึ่งอาจจะสร้างจากวัสดุที่มีความคงทน เช่น แบบจำลองไม้ไอติมที่แสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกหรือแบบจำลองของลูกโป่งที่แทนรูปร่างโมเลกุล

2) แสดงออกในลักษณะของภาษา (Verbal mode) เป็นการแสดงออกโดยการพูดบรรยายเพื่อเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ปรากฏ เช่น ในแบบจำลองการเตรียมสารละลาย อธิบายว่ารูปที่วาดกลม ๆ หรือจุด ๆ ในระดับโมเลกุลในสารละลายนั้น เรียกว่าสารอะไร (Coll and Treagust, 20012; 2002; Coll, 2008) หรืออาจจะแสดงออกได้ทั้งการพูดและการเขียน

3) แสดงออกในลักษณะของสัญลักษณ์ (Symbolic mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมีหรือสมการเคมี เช่น นักเรียนเขียนตัวทำละลายและตัวถูกละลายให้อยู่ในสูตรทางเคมี

4) แสดงออกในลักษณะของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้กราฟ แผนภาพ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพโครงสร้างทางเคมีในลักษณะ 2 มิติ หรือภาพเสมือนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น นักเรียนวาดรูปวงกลมที่อยู่กระจายกันในบีกเกอร์ เพื่อแสดงถึงโมเลกุลของสารละลาย

5) แสดงออกในลักษณะของกิริยาท่าทาง (Gestural mode) เป็นการแสดงออกโดยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ

6) แสดงออกในลักษณะการรวมกันของรูปธรรม (Concrete mixed) เป็นการแสดงออกด้วยแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับภาพหรือคำพูด และแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น นักเรียนแสดงแบบจำลองโดยใช้ดินน้ำมันของการละลายของสารละลายแล้วมีข้อความบอกได้ว่าตัวทำละลายและตัวถูกละลายกระจายตัวอย่างไร

7) แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาษา (Verbal mixed) เป็นการแสดงออกด้วยข้อความควบคู่กับภาพหรือข้อความควบคู่กับสัญลักษณ์ขององค์ประกอบ เช่น ข้อความที่อธิบายการละลายของตัวถูกละลาย ที่สัมพันธ์กับแผนภาพของตัวถูกละลายเมื่อเจอตัวทำละลาย

8) แสดงออกในลักษณะการรวมกันของสัญลักษณ์ (Symbolic mixed) เป็นการแสดงออกด้วยสมการและสูตรควบคู่กับคำอธิบาย เช่น สัญลักษณ์ H_2O แทนสูตรโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวทำละลาย ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม

9) แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกด้วยภาพประกอบคำอธิบายหรือภาพควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่ของไอออนของสารละลายพร้อมคำอธิบาย

10) แสดงออกในลักษณะการรวมกันของกิริยาท่าทาง (Gestural mixed) เป็นการแสดงออกด้วยคำอธิบายประกอบท่าทาง เช่น ให้นักเรียนเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ พร้อมกับอธิบายว่าเป็นกาเคลื่อนที่ของไอออนในขณะเติมตัวทำละลายเพิ่ม

จากการแสดงออกของรูปแบบแบบจำลองตามที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่านักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์สามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดผ่านแบบจำลองที่สามารถแสดงออกมาได้หลายรูปแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการแสดงออกรูปแบบของแบบจำลอง แต่ในการเรียนวิชาเคมีนั้นนักเรียนจะต้องฝึกการใช้รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกในลักษณะของรูปธรรม เนื่องจากในวิชาเคมีเป็นวิชาที่มีความเป็นนามธรรมสูง ดังนั้นต้องอาศัยแบบจำลองในลักษณะของรูปธรรมเพื่อใช้ในการทำความเข้าใจและสามารถสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจในสิ่งที่เราเข้าใจได้

แบบจำลองทางความคิด

1. ความหมายของแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองความคิด แปลมาจากคำว่า Mental models ซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายแบบจำลองทางความคิดไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Norman (1983) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดว่า เป็นระบบเป้าหมายซึ่งแต่ละบุคคลสร้างขึ้นเพื่อพยายามใช้ในการเรียนรู้แบบจำลองแนวคิด โดยแบบจำลองทางความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจะได้รับอิทธิพลมาจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคลและสถานการณ์เป้าหมายหรือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ส่วน Vosniadou (1994 as cited in Harrison and Treagust, 1996: 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของความคิดในลักษณะพิเศษ ซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการรับรู้จากประสาทสัมผัสของแต่ละบุคคล จากนั้น Harrison and Treagust (1996: 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการอธิบาย เพื่อทำความเข้าใจแนวคิดของแต่ละบุคคล

Johnson-Laird (1983 as cited in Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นการแสดงออกในการอุปมาอุปไมยหรือการเปรียบเทียบในความจริงของแต่ละบุคคล ซึ่งแบบจำลองใช้ในการอธิบายถึงสถานการณ์ ปรากการณ์ โดยการรับรู้หรือจินตนาการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ภายนอกกับสิ่งที่อยู่ภายในความคิด แล้วแสดงออกให้บุคคลอื่นรับรู้สู่ภายนอกแทนสถานการณ์นั้น ๆ จากนั้น Barquero (1995 as cited in Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นการแสดงออกของการรับรู้ชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ภายใน ไม่สมบูรณ์ มีความคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ไม่ปะติดปะต่อ ซึ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นความเข้าใจในหลายแง่มุมของแต่ละบุคคล และใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบาย การทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยอาศัยประสบการณ์เดิม ดังนั้น Greca and Moreira (2000) จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคล ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสร้างขึ้นภายในเพื่อเรียนรู้ อธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ

Buckley and Boulter (2000: 120) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นสิ่งที่อยู่ภายในซึ่งแสดงถึงระบบของการรับรู้ในการใช้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยการบรรยายอธิบาย ทำนาย และในบางครั้งเป็นสิ่งที่ควบคุมระบบของการรับรู้

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้กำหนดความหมายของแบบจำลองทางความคิดว่าเป็นตัวแทนความคิด ซึ่งเกิดขึ้นจากความเข้าใจของแต่ละบุคคล ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะสร้างแนวคิดหรือความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้อธิบายหรือบรรยายสิ่งที่ศึกษา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียนและสิ่งแวดล้อมภายนอก

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) สรุปว่า แบบจำลองทางความคิด หมายถึง ตัวแทนของความคิด ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคล ผู้เรียนจะสร้างแนวคิดหรือความรู้ต่าง ๆ เพื่อใช้อธิบายหรือบรรยายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นประเภทของแบบจำลองทางความคิด ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดภายใน (Internal model) ซึ่งเป็นตัวแทนของความคิดที่ผู้เรียนแต่ละคนสร้างขึ้นและแบบจำลองทางความคิดภายนอกหรือแบบจำลองแสดงออก (expressed model or external model) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนแสดงออกมาอาจจะเป็นคำพูด สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทาง ภาพเคลื่อนไหวหรือสิ่งที่เป็นรูปธรรม เป็นต้น

จากการศึกษาการให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหรือนักวิจัยหลาย ๆ ท่าน ผู้วิจัยได้สรุปความหมายของแบบจำลองทางความคิด ได้ว่า แบบจำลองทางความคิดเป็น สิ่งที่นักเรียนหรือนักวิทยาศาสตร์แต่ละบุคคลสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนความคิดที่อยู่ภายในสมองหรือองค์ความรู้ที่ได้รับของตนเอง โดยแต่ละบุคคลจะสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยอาศัยพื้นฐานของประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อน ซึ่งแบบจำลองทางความคิดสามารถแสดงออกมาในรูปแบบของ การอธิบาย การเขียนบรรยาย การวาดภาพ การสนทนา หรือ

การสร้างให้อยู่ในรูปธรรม เพื่อใช้ในการทำนาย หรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และแบบจำลองทางความคิดสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลาหากบุคคลนั้นไปพบเจอประสบการณ์ใหม่ ๆ จึงมีการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่สอดคล้องกับประสบการณ์นั้น

2. ประเภทของแบบจำลองทางความคิด

นักการศึกษาและนักวิจัยได้แบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดโดยใช้หลักเกณฑ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

Johnson-Laird (1983 as cited in Coll and Treagust, 2001) ได้แบ่งแบบจำลองทางความคิดออกเป็น

1) แบบจำลองทางความคิดทางกายภาพ (Physical mental model) เป็นลักษณะการสร้างความคิดในสิ่งที่เป็นกายภาพและเป็นรูปธรรม

2) แบบจำลองทางความคิดเชิงแนวคิด (Conceptual mental mode) จะเป็นการแสดงลักษณะการสร้างความคิดเกี่ยวกับแนวคิด มีลักษณะเป็นแบบจำลองที่เป็นนามธรรม

Boulter and Buckley (2000) แบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดตามขั้นตอนของการเป็นตัวแทน มี 2 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิดภายใน (Internal model) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า การสร้างองค์ความรู้ (Cognitive construction) โดยองค์ความรู้ที่ได้มาก็คือ แบบจำลองทางความคิด (Mental model)

2) แบบจำลองทางความคิดภายนอกหรือแบบจำลองแสดงออก (Expressed model or external mode) เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม สัญลักษณ์ ภาพ ลักษณะท่าทาง และคำพูด เป็นต้น

Norman (1983) ยังใช้เกณฑ์การมีส่วนร่วมของกลุ่มสังคม ในการแบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) แบบจำลองทางความคิดเฉพาะบุคคล (Individual model)

2) แบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม (Consensus or social model)

3) แบบจำลองทางคิดทางประวัติศาสตร์ (Historical model)

นอกจากนี้ Norman (1983 as cited in Coll, 1999) แบ่งแบบจำลองทางความคิดโดยใช้ผู้สร้างเป็นเกณฑ์ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Scientist's model)

2) แบบจำลองทางความคิดของครู (Teacher's model)

3) แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน (Student's model)

Young (1983 as cited in Park, 2006) ได้แบ่งแบบจำลองทางความคิดออกเป็น 4 ประเภท คือ

1) แบบจำลองผลงาน (Performance model)

2) แบบจำลองการเรียนรู้ (Learning model)

3) แบบจำลองการให้เหตุผล (Reasoning model)

4) แบบจำลองการออกแบบ (Design model)

ทั้งนี้แบบจำลองทางความคิดในแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับมุมมองของแต่ละบุคคล

จากการแบ่งประเภทแบบจำลองทางความคิดจากนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน นั้นขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการใช้แบ่ง ดังนั้นจากความหมายของแบบจำลองทางความคิดที่ผู้วิจัยได้สรุปไว้ข้างต้น ดังนั้นประเภทแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยนี้ จะเป็น แบบจำลองทางความคิดภายใน (Internal model) ซึ่งเป็นตัวแทนของความคิดที่นักเรียนแต่ละบุคคลสร้างขึ้น และแบบจำลองทางความคิดภายนอกหรือแบบจำลองแสดงออก (Expressed model or external model) เป็นสิ่งที่นักเรียนแสดงออกมา อาจจะเป็นคำพูด การอธิบาย สัญลักษณ์ ภาพวาด หรือสิ่งที่เป็นรูปธรรม เป็นต้น

3. การวัดแบบจำลองทางความคิด

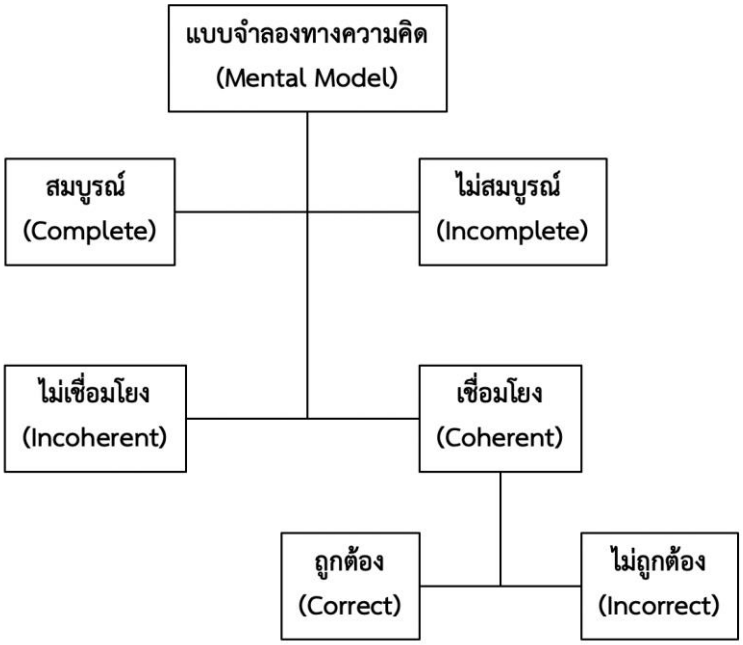
การวัดแบบจำลองทางความคิดเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับบทเรียนนั้นอย่างไร และมีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิด พบว่า สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด (questionnaire) หรือการเขียนคำตอบสั้น ๆ หรือการเขียนเรียบเรียงในการตอบคำถาม (Willium and Abraham, 1995; Eilam, 2004 as cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) การบรรยายหรือการอธิบายปากเปล่าในขณะให้สัมภาษณ์ (Harrisom and Treagust, 1996 as cited in Coll, 2000) การใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด (Vosniadou, 1994; ณัชธฤต เกื้อทาน, 2554; ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแบบข้อคำถามปลายเปิด (Open-end question) เพื่อให้นักเรียนได้เขียนเหตุผลอธิบายและคิดหาเหตุผลในการตอบคำถามประกอบด้วยวาดภาพแบบจำลอง ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สามารถให้แยกความแตกต่างระหว่างความเชื่อของนักเรียนกับความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากลักษณะของแบบจำลองทางความคิดตามที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้การวัดแบบจำลองทางความคิด คือ การใช้คำถามปลายเปิด (Open-end question) นั่นคือเป็นการเขียนอธิบายเหตุผลและวาดภาพประกอบการอธิบาย เพื่อที่จะสามารถล้วงความคิดในตอนเริ่มต้นของนักเรียนได้ และ

คำถามปลายเปิดไม่ได้จำกัดความคิดหรือจิตนาการของนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถแสดงแบบจำลองทางเลือกออกมาได้ ยกตัวอย่างเช่น ให้รูปภาพมาแล้วให้นักเรียนอธิบาย หรือใช้คำถามปลายเปิดแล้วให้วาดรูป (อนุพงศ์ ไพรศรี, 2560)

4. การวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด

Chi and Roscoe (2002) ได้อธิบายว่า แบบจำลองทางความคิดเป็นตัวแทนความรู้ที่เป็นโครงสร้างอยู่ภายในสมองของแต่ละบุคคล ซึ่งจะสร้างแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิม โดยสามารถแยกองค์ประกอบของความรู้ที่อยู่ภายในได้ว่า แบบจำลองทางความคิดประกอบด้วย 2 กลุ่มหลักคือ 1. แบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ 2. แบบจำลองทางความคิดที่เชื่อมโยงและไม่เชื่อมโยง ซึ่งองค์ประกอบย่อยของแบบจำลองทางความคิดที่เชื่อมโยงยังประกอบไปด้วย แบบจำลองทางความคิดเชื่อมโยงแบบถูกต้องและแบบจำลองทางความคิดเชื่อมโยงแบบไม่ถูกต้อง จากความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้กลุ่มนักวิจัยที่ศึกษาแบบจำลองทางความคิดไปสร้างเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002)

ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) ศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีได้มีการประยุกต์เกณฑ์ในการจัดกลุ่มการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2554)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM)	คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอ
แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM)	คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Models: IMM)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน
ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No Response: NR)	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม ได้มีการประยุกต์เกณฑ์ในการจัดกลุ่มการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ดังปรากฏในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental models: CM)	นักเรียนตอบคำถามสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบของแนวคิดนั้น

ตารางที่ 5 (ต่อ)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องบางส่วน (Partial correct mental models: PM)	นักเรียนตอบคำถามสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิดนั้น อาจไม่ครบทุกองค์ประกอบ แต่ไม่มีคำตอบที่คลาดเคลื่อน
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน (Partial correct with flawed mental models: PM & FM)	นักเรียนตอบคำถามสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่มีคำตอบบางส่วนคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental models: FM)	นักเรียนตอบคำถามไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือเขียนคำตอบที่แสดงว่าไม่เข้าใจหรือไม่ตอบคำถาม

ซึ่งจากตารางแสดงความสัมพันธ์ข้างต้น ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) ที่ประยุกต์เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดจาก Chi and Roscoe (2002) มีความละเอียดในการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนมากกว่าการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) อีกทั้ง อนุพงศ์ ไพรศรี (2560) ได้มีใช้เกณฑ์ตามการแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) ในงานวิจัยของเขา ปรากฏในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ อนุพงศ์ ไพรศรี (2560)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM)	นักเรียนวาดรูปได้ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM)	นักเรียนวาดรูปได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM)	นักเรียนวาดรูปถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM)	นักเรียนวาดรูปไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Models: IMM)	นักเรียนวาดรูปและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม หรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No Response: NR)	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือเขียนข้อความแต่ไม่วาดรูปหรือวาดรูปแต่ไม่เขียนข้อความ

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงยึดการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของณัชธฤต เกื้อทาน (2554) มาใช้ในการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในงานวิจัยนี้ ปรากฏในตารางที่ 7 เนื่องจากเกณฑ์ของณัชธฤต เกื้อทาน (2554) เป็นเกณฑ์ที่ใช้แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มซึ่งถือว่าละเอียดในการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมากและยังสอดคล้องกับข้อสรุปของ Chi and Roscoe (2002)

ตารางที่ 7 การแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงจากแนวคิดของณัชธฤต เกื้อทาน (2554)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM)	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM)	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM)	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือรูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องแต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับ

ตารางที่ 7 (ต่อ)

การจัดกลุ่ม	ความหมาย
	แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM)	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Models: IMM)	รูปภาพที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความหรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No respond: NR)	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

นักการศึกษาและนักวิจัยหลาย ๆ ท่านที่สนใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดและการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการโดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ในรายวิชาต่าง ๆ หรือในกระบวนการวิจัยในการศึกษาต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษา ดังนี้

ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง พบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้าง แบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของ สารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS และเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS กับกลุ่มที่เรียนด้วยการ

จัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบปกติ โดยงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 102 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 52 คนและกลุ่มควบคุม 50 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่หลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 70.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาลักษณะการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีเรื่องโครงสร้างอะตอมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองในเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนในเรื่องโครงสร้างอะตอมมาแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 นักเรียนทั้งหมด 30 คน โดยในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่า แบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะในประเด็นเรื่องลักษณะรูปร่างของอะตอมและระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ส่วนในประเด็นเรื่องการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอะตอมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องมากที่สุด สำหรับความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ สำหรับผลการวิจัยในระยะที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมทีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีที่ 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์)

ภาณุ บุตรวิเศษ และคณะ (2558) ได้พัฒนาการการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า 1) การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS วิชาเคมี เรื่องพันธะเคมีประกอบด้วย 9 ขั้นตอนได้แก่ (1) การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (2) การสร้างแบบจำลองเบื้องตัน (3) การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (4) การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องตัน (5) การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์จากสื่อสถานการณ์จำลองและสื่อแอนิเมชัน (6) การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (7) ประเมินและลงมติแบบจำลองของกลุ่ม (8) ลงมติแบบจำลองของชั้นเรียน และ (9) การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย 2) นักเรียนมีคะแนนมโนมติเรื่อง พันธะเคมี ก่อนเรียนเฉลี่ย 27.45 คะแนน (ร้อยละ45.76)

หลังเรียนเฉลี่ย 49. 77 คะแนน (ร้อยละ 82.95) ซึ่งมีนักเรียนที่มีคะแนนมโนมติหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 95.45 และมีคะแนนมโนมติเรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อนุพงศ์ ไพรศรี (2560) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นการโต้แย้งเพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งและแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการวิจัยแบบวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยผู้วิจัยได้ข้อมูลงานวิจัยจากบันทึกหลังสอน แบบวัดทักษะการโต้แย้งและแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี อนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการจัดกลุ่มเปรียบเทียบและลงข้อสรุป ผลงานวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นการโต้แย้ง โดยเฉพาะในประเด็นเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 52 และปฏิกิริยาผันกลับได้ คิดเป็นร้อยละ 31 2) แนวปฏิบัติการสอนที่ดีในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งใน เรื่องสมดุลเคมี ได้แก่ ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้หลักฐานและเหตุผลในการโน้มน้าวแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยใช้เทคนิคอุปมาช่วยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองในระดับอนุภาครวมไปถึงให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือน ความต่างระหว่างอนาล็อกและเป้าหมายในการส่งเสริมการสร้างข้อโต้แย้ง ผู้วิจัยใช้สื่อที่ หลากหลายเป็นตัวแทนอนุภาคของสาร ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นในการประเมินแบบจำลองและให้นักเรียนเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงระดับมหภาคกับจุลภาคผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง สุดท้ายผลงานวิจัยพบว่าบทบาทของครูเป็นสิ่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการโต้แย้งในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) กลุ่มที่ศึกษาเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน ในจังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย ในด้านการสร้างและการประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.75 และ 43.75 ตามลำดับ) ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 50.00) และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50.00) โดยด้านการปรับปรุงและนำแบบจำลองไปใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

รุจิรา สินไชย (2562) ได้ ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระหว่างเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดนใช้ MCIS ศึกษาคุณภาพแบบจำลอง

ทางวิทยาศาสตร์ในระหว่างเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS และเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการชนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง ฝ่ายมัธยม จำนวน 25 คน โดยรูปแบบงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินคุณภาพแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการชน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโมเมนตัมและการชน ในระหว่างเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 81.42 2) นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโมเมนตัมและการชนในระหว่างเรียนมีคุณภาพดี คิดเป็นร้อยละ 84.72 และ 3) นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการชนหลังเรียนเท่ากับ 14.12 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.60 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาสถิติที่ระดับ .05 และเกินเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Harrison and Treagust (2000) ทำการวิจัยตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่แนวคิดเกี่ยวกับ อะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี หลังการใช้แบบจำลองที่หลายหลายในการสอน ได้แก่ แบบจำลองที่เป็น Metaphor และ Analogy โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเป้าหมาย (Focus) การปฏิบัติการ (Action) และการสะท้อนผล (Reflection) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า FAR ซึ่งลักษณะ กิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลอง Analogy ที่หลายหลาย ทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมาย แต่นักเรียนมีความคุ้นเคย จากการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองที่หลายหลาย ในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้น

Lin et.al., (2004) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง สารละลายกรด-เบส จำนวน 39 คน ในประเทศไต้หวัน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบแบบ 2 ทาง (two-tier diagnostic test) ตามรูปแบบของ Chiu (2002) จำนวน 34 ข้อ และสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติมหลังจากทำแบบทดสอบ จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดตามรูปแบบของ Chiu (2001, 2002) และ Yao (2002) พบว่า การเรียนรู้บนพื้นฐานการปฏิบัติทดลองส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนโดยตรง กล่าวคือแบบจำลองความคิดของผู้เรียนระหว่างผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาสูงและผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สำหรับแนวคิดเรื่องสารละลายกรด-เบส หลังเรียนผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาสูงมีการมีแบบจำลองความคิดเป็นไปตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และส่วน

ใหญ่จะมีแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบที่เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ (inference model, IM) ในขณะที่ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำหลังจากได้รับการเรียนรู้ ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแบบจำลองจากแบบจำลองเหตุการณ์ (phenomenon model, PM) เป็นแบบจำลองแบบภาษา (language model, LM) สำหรับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาสะเทิน ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาสูงมีรูปแบบแบบจำลองความคิดที่เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ (inference model, IM) ส่วนผู้เรียนมีระดับสติปัญญาต่ำมีรูปแบบแบบจำลองที่เป็นการจำคำศัพท์ การใช้สัญลักษณ์ในการพิจารณาหรืออธิบายคำตอบ (character model, CM) มากกว่ารูปแบบการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่มีอยู่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ (inference model, IM)

Jansoon (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด (mental model) ของผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การละลาย โดยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ (interview about event, IAE) ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด แล้ววิเคราะห์คำตอบจากการอธิบายและการวาดภาพของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เกี่ยวกับการละลายทั้งโดยเชื่อมโยงพฤติกรรมของสารทางเคมีทั้ง 3 ระดับได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีแบบจำลองทางความคิดในระดับมหภาคเป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตผ่านการทำการทดลอง ส่วนในระดับจุลภาคผู้เรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้น โดยการจินตนาการ ซึ่งแสดงออกมาผ่านการอธิบายและการวาดภาพ และในระดับสัญลักษณ์ผู้เรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาโดยการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามมีผู้เรียนส่วนน้อยที่มีการแสดงแบบจำลองทางความคิดโดยการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่ระดับสัญลักษณ์ก่อนจากนั้นจึงเชื่อมโยงมาสู่ระดับจุลภาคและมหภาคตามลำดับ

Baek et.al., (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน เป็นระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวีดีทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ผลพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือนักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่ อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาค ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจาลองและการสื่อสาร ด้วยแบบจำลอง และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คนผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่า

แบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ใน การพิจารณาประเมินแบบจำลอง

Supasorn (2015) ได้พัฒนาชุดการทดลองไฟฟ้าเคมีและแบบจำลอง (model kit) เกี่ยวกับเซลล์กัลป์วานิกเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาค และระดับจุลภาค ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (SEs inquiry learning) เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องไฟฟ้าเคมี ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 34 คน ด้วยแบบวัดมโนมติเรื่องไฟฟ้าเคมีและแบบวัดแบบจำลองทางความคิดชนิดวาดภาพเรื่องเซลล์กัลวานิกก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมด้วยการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (informal interview) สำหรับการศึกษาแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนพบว่า คะแนนการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดชนิดวาดภาพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน พบว่าหลังเรียนคะแนนที่ได้ส่วนใหญ่มาจากการแสดงแบบจำลองทางความคิดในระดับจุลภาคและผู้เรียนมีความเข้าใจในมโนมติอยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU) และความเข้าใจคลาดเคลื่อน (PMU) ซึ่งกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยใช้ชุดการทดลองร่วมกับแบบจำลองช่วยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาคและระดับจุลภาค ซึ่งผู้เรียนใช้หลักฐานที่พบจากการเรียนรู้ในระดับจุลภาคมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาคได้

Korhasan and Wang (2016) ได้ศึกษาแบบจำลองความคิดของนักศึกษาในการทำความเข้าใจเรื่อง สเปกตรัมของอะตอม โดยศึกษากับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 9 คนที่ผ่านการเรียนในหลักสูตรเคมีพื้นฐานและการปฏิบัติการเคมีมาแล้ว เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างออกแบบโดยสร้างข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลแล้วแบ่งกลุ่มคำตอบออกเป็น 4 กลุ่ม ผลการศึกษาพบว่า ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเนื่องจากการแปลความหมายของสัญลักษณ์ที่แสดงตัวแทนแนวคิดไม่ถูกต้อง เนื่องจากแนวคิดเรื่องการเกิดสเปกตรัมของอะตอมเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมซึ่งนักศึกษาจำเป็นต้องอธิบายปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค ดังนั้นนักศึกษาต้องมีความเข้าใจ โครงสร้างอะตอมรวมทั้งการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมและการคายพลังงานของอิเล็กตรอน เป็นต้น

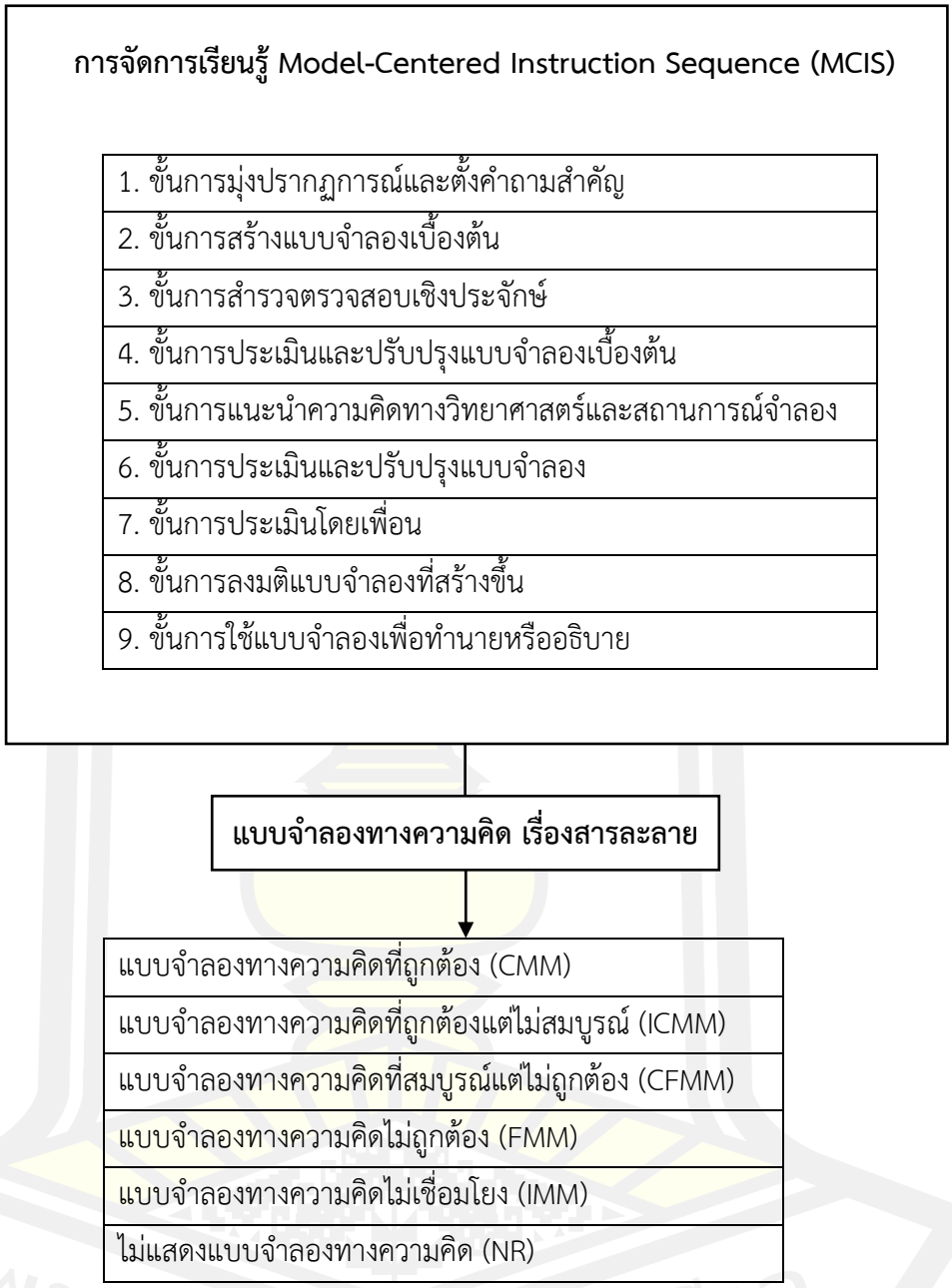
Putriani et.al., (2019) ได้ทำการศึกษาเพื่ออธิบายความแตกต่างของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามเพศและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในการทำความเข้าใจหัวข้อกรด-เบส การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยในงานวิจัยมีประชากรเป็นนักเรียนจำนวน 279 คน จากชั้นเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เกรด 11 ของ SMA Negeri Singaraja ใน Buleleng Bali ในปีการศึกษา 2018/2019 ในการศึกษานี้ ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้คือคะแนนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน การเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้โดยใช้การทดสอบและแบบสอบถาม ข้อมูลถูกวิเคราะห์อย่างละเอียด ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่มีความแตกต่างกันตามเพศ นอกจากนี้ ปัจจัยส่วนใหญ่ที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนคือ ปัจจัยภายในและภายนอก

Sunyono et.al., (2020) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนและความแตกต่างของประสบการณ์ของนักเรียนขณะที่เรียนในโรงเรียนด้วยการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์จินตนาการ โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 89 คน เป็นนักเรียนเกรด 11 ทั้งหมด โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบของการบรรยายและการสัมภาษณ์ ผลงานวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงเข้าใจวิชาเคมีในระดับมหาภาคและสามารถหาเหตุผลในการสร้างแบบจำลองทางความคิดอย่างง่ายอยู่ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ และนักเรียนยังคงมีปัญหาในการตีความปรากฏการณ์ในรายวิชาเคมีเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของพวกเขา นั่นหมายถึงยังคงต้องค้นหาวิธีการหรือกลยุทธ์ในการเรียนวิชาเคมีในโรงเรียนที่เป็นการเพิ่มความสามารถในการจินตนาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียนได้มีความพยายามที่จะปรับปรุงความสามารถในการให้เหตุผล ตีความและแสดงแบบจำลองทางความคิดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดกิจกรรมที่สามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาแบบตำลองทางความคิดได้ เพราะช่วยให้นักเรียนได้เห็นถึงสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ของสิ่งที่เรียนรู้ ทำให้เกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิดเฉพาะตัวขึ้น และการใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ และแก้ปัญหาในเรื่องที่สัมพันธ์กับสิ่งที่ได้เรียนรู้มา สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการทบทวนความเข้าในในการเรียนและการถ่ายโอนความรู้ทำให้เกิดการเข้าใจในการเรียนรายวิชาเคมียิ่งขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS และในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

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

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่ได้เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มเป้าหมาย โดยผู้วิจัยได้นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน เรื่อง สารละลาย ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วยส่วนของแบบจำลองและการอธิบาย ทดสอบกับนักเรียนทั้งหมด 33 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 33 คน แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 33.8 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย และสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย ตามลำดับ รองลงมานักเรียน ร้อยละ 26.8 มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่เป็นแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) ในแนวคิดเรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน และความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประเภทและลักษณะของเครื่องมือ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ ระยะเวลา 3 สัปดาห์ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เป็นแบบบันทึกของผู้วิจัยที่จะบันทึกเหตุการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยจดบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นอย่างละเอียดตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและศึกษาพฤติกรรมของนักเรียน รวมไปถึงปัญหา อุปสรรคและการสรุปเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยบันทึกวิดีโอเพื่อเป็นการบันทึกพฤติกรรม บทสนทนาของผู้วิจัยและนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง โดยจะให้นักเรียนบันทึกเกี่ยวกับกระบวนการการได้มาซึ่งแบบจำลองทางความคิดจากกิจกรรมในห้องเรียนที่ผู้สอนได้มอบหมายเป็นชิ้นงานและความรู้สึกของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งจะให้นักเรียนบันทึกทุกครั้งหลังจบการสอน หรือ 2 แผนบันทึก 1 ครั้ง

2.3 แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ จำนวน 3 ชุด โดยใน 1 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 จะเป็นการวาดภาพและส่วนที่ 2 จะเป็นการเขียนอธิบายภาพที่นักเรียนวาด โดยวัดองค์ประกอบของคำตอบที่แบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2554)

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS จำนวน 6 แผนรวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อให้ทราบผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและมาตรฐานการเรียนรู้

1.2 ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อทราบถึงผลการเรียนรู้

1.3 ศึกษาเนื้อหาบทเรียนวิชาเคมี ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาเคมี 1 เรื่อง สารละลาย ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) วิเคราะห์

มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญของหน่วยการเรียนรู้ เพื่อแบ่งเนื้อหาและนำเนื้อหามาออกแบบกิจกรรมภายในชั้นเรียน

1.4 ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ MCIS เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ MCIS ให้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดและเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ดำเนินการสอน ดังปรากฏในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ 2

แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน	สารละลายประกอบด้วยตัวละลายและตัวทำละลายในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณของสารในสารละลายสามารถระบุในรูปของความเข้มข้น โดยความเข้มข้นหมายถึงปริมาณของสารต่อปริมาณของสารละลายหรือต่อปริมาณของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของสารละลายมีหลากหลาย ได้แก่ - ร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน (percentage) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อร้อยส่วนของสารละลาย จำแนกได้ดังนี้ ร้อยละโดยมวล (% w/w) = $\frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100\%$ ร้อยละโดยปริมาตร(%v/v) = $\frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100\%$ ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร(%w/v) = $\frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100\%$ -ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อล้านส่วนในหน่วยมวลหรือหน่วยปริมาตรเดียวกัน ส่วนในล้านส่วน (ppm) = $\frac{\text{มวลหรือปริมาณของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาณของสารละลาย}} \times 100\%$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน 2. นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน 3. นักเรียนส่งงานตรงเวลา	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
2	คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	- โมลาริตี (molarity, M) หมายถึงจำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลิตร หรือ 1000 มิลิลิตร จึงมีหน่วยเป็นโมลต่อลิตร หรือเรียกอีกอย่าหนึ่งว่า โมลาร์ (molar) ซึ่งมีสัญลักษณ์ M เขียนความสัมพันธ์ของโมลาริตีได้ดังนี้ $\text{โมลาริตี (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย } (\mathrm{dm^3} \text{ หรือ } \mathrm{L})}$ - โมแลลิตี (molality, m) หมายถึงจำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม จึงมีหน่วยเป็นโมลต่อกิโลกรัม หรือเรียกอีกอย่างว่า โมแลล (molal) เช่นซึ่งมีสัญลักษณ์ m $\text{โมแลลิตี (m)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย } (\mathrm{mol})}{\text{มวลของตัวทำละลาย } (\mathrm{kg})}$ - เศษส่วนโมล (mole fraction, X) เศษส่วนโมลของสารใดในสารละลายหมายถึง อัตราส่วนจำนวนโมลของสารนั้นกับจำนวนโมลรวมของสารทั้งหมดในสารละลาย $\text{เศษส่วนโมลของสารใด} = \frac{\text{จำนวนโมลของสารนั้น}}{\text{จำนวนโมลทั้งหมด}}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล 2. นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล 3. นักเรียนมีความร่วมมือในห้องเรียน	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
3	- คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้ - ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย หาจุดเดือด และจุดหลอมเหลว หรือ จุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์และสาระลาย	การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์	ในปฏิบัติการทางเคมีส่วนใหญ่ใช้สารในรูปของสารละลาย โดยเฉพาะในหน่วยโมลาร์ จึงจำเป็นต้องเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามที่ต้องการ การเตรียมสารละลายอาจทำได้โดยนำสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวละลายมาละลายในตัวทำละลายโดยตรง และ 2) การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น ต่าง ๆ กัน ผสมกันให้เป็นสารละลายตามที่ต้องการ <u>โดยการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์</u> ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การคำนวณปริมาณของตัวละลาย การชั่งตัวละลาย การละลายในตัวทำละลาย และการปรับปริมาตรจองสารละลายให้ได้ตามต้องการในขวดกำหนดปริมาตร สามารถคำนวณได้จากวิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์ และใช้สูตร $n = \frac{CV}{1000}$ หรือ $\frac{g}{m} = \frac{CV}{1000}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารบริสุทธิ์ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเข้มข้นและการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้ 3. นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
4	- คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้ - ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย หาจุดเดือด และจุดหลอมเหลว หรือ จุดเยือกแข็งของสาร บริสุทธิ์และสาระลาย	การเตรียมสารละลายเจืองจางจากสารละลายเข้มข้น	<u>การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น</u> ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การคำนวณจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลายที่ต้องเตรียม คำนวณปริมาตรสารละลายเข้มข้นที่จะใช้ ปิเปตต์สารละลายเข้มข้นตามปริมาตรที่คำนวณได้ใส่ลงในขวดกำหนดปริมาตร และการปรับปริมาตรของสารละลายโดยใช้น้ำกลั่นให้ได้ตามต้องการในขวดปริมาตร สามารถคำนวณได้จากวิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์ การคำนวณโดยการเทียบควรคำนวณหาจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ต้องเตรียมก่อน แล้วจึงคำนวณหาปริมาตรของสารละลายเดิม ปริมาตรของน้ำกลั่นที่จะเติมหรือสิ่งอื่นที่ควรทราบ และใช้สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$	1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น. ในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารละลายเข้มข้น 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเข้มข้นและการเจรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้ 3. นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
5	- เปรียบเทียบจุดเดือด และจุดหลอมเหลว หรือจุดเยือกแข็งระหว่างสารละลายกับตัวทำละลายของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน และสารละลายที่มีตัวถูกละลายต่างชนิดกัน แต่มีความเข้มข้นเท่ากันได้ - ใช้ค่าคงที่ของการเพิ่มของจุดเดือด (K_b) และค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) คำนวณหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลายจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้	สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย	จุดเดือดของสารละลาย คือ อุณหภูมิที่ทำให้ความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศ สารละลายจะมีจุดเดือดหรืออุณหภูมิขณะเดือดต่างจากสารบริสุทธิ์ ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) คือผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม กับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ (จุดเดือดที่สูงขึ้นของสารละลายเมื่อเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม) $\Delta T_b = T'_b\ (1\ mol/kg) - T_b$ เมื่อ T'_b คือจุดเดือดของสารละลายที่เข้มข้น 1 mol/kg และT_b คือจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ โดยค่า K_b เป็นค่าคงที่เฉพาะจองตัวทำละลายแต่ละชนิด คือตัวทำละลายต่างชนิดกัน จะมีค่า K_b ไม่เท่ากันการคำนวณหาโมเลกุลของตัวถูกละลายในสารละลายหรือสิ่งอื่น ๆ $\Delta Tb = K_b\, m$	1.นักเรียนสามารถบอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดได้ (K_b) 2. นักเรียนสามารถคำนวณจุดเดือดของสารละลายได้ 3. นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม	2

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
6	- เปรียบเทียบจุดเดือด และจุดหลอมเหลว หรือจุดเยือกแข็งระหว่างสารละลายกับตัวทำละลายของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน และสารละลายที่มีตัวถูกละลายต่างชนิดกัน แต่มีความเข้มข้นเท่ากันได้ - ใช้ค่าคงที่ของการเพิ่มของจุดเดือด (K_b) และค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) คำนวณหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลายจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้	สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย	จุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลาย โดยจุดหลอมเหลวคือ อุณหภูมิที่ของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ส่วนจุดเยือกแข็งคืออุณหภูมิที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งสำหรับสารหนึ่ง ๆ จะมีจุดหลอมเหลวและจุดเยือกแข็งเท่ากัน สารบริสุทธิ์และสารละลายจะมีจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวต่างกัน คือสารบริสุทธิ์จะมีจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวคงที่ ส่วนสารละลายจะมีจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวไม่คงที่ และมีค่าต่ำกว่าตัวทำละลายบริสุทธิ์ ค่าคงที่ของการลดลองของจุดเยือกแข็ง K_f $\Delta T_f = T_f - T'_f$ (1 mol/kg) เมื่อ T_f คือ จุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์ T'_f คือ จุดเยือกแข็งของสารละลายเข้มข้น 1 mol/kg ค่า K_f เป็นค่าคงที่เฉพาะของตัวทำละลาย คือตัวทำละลายต่างชนิดกันจะมีค่า K_f ไม่เท่ากัน	1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของค่าคงที่ของการลดลองของจุดเยือกแข็งได้ (K_f) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลายและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

1.5 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS เรื่อง สารละลาย จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ซึ่งในหัวข้อหลักในแต่ละแผนประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผล โดยให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และเนื้อหากับระยะเวลาที่กำหนด

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผล และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะดังนี้

1) ปรับแก้ขั้นตอนการจัดกิจกรรมให้ครอบคุลมและเหมาะสมกับเวลาในชั้นเรียน

2) ปรับแก้เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินให้มีความละเอียด ชัดเจนมากขึ้น

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงพร้อมตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงของเนื้อหา และประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ดังนี้

1) ผศ.ดร.วิทยา วรพันธุ์ วุฒิการศึกษา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่ง อาจารย์ ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) ผศ.ดร. อรนุช ศรีสะอาด วุฒิการศึกษา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) ดร. จรูญลักษณ์ วรโคตร วุฒิการศึกษา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เคมีศึกษา) ตำแหน่ง ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.8 ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีคุณภาพเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.9 นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (Rating Scale) 5 อันดับตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน และถือเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวน 3 ท่าน ปรากฏดังตารางที่ 9 (ดังปรากฏในหน้าที่ 166-177)

ตารางที่ 9 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	คะแนนเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
1	4.62	0.55	มากที่สุด
2	4.60	0.55	มากที่สุด
3	4.62	0.55	มากที่สุด
4	4.60	0.55	มากที่สุด
5	4.62	0.55	มากที่สุด
6	4.62	0.55	มากที่สุด

1.10 ดำเนินการปรับแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) ปรับแก้ขั้นการสอนโดยการขยายความเพิ่มเติม และสาระสำคัญควรมีความกระชับมากขึ้น

2) ปรับแก้ด้านการวัดและเกณฑ์การให้คะแนนให้ชัดเจนมากขึ้น

3) ในขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ยกตัวอย่างแบบจำลองให้นักเรียนดูก่อนให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการสร้างแบบจำลองมากขึ้น

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ประกอบการสอนกับนักเรียนเพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ซึ่งวัดกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ในแต่ละครั้งการสอน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คู่มือการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) คู่มือการวัดประเมินผลที่เกี่ยวกับการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

2.2 ศึกษาการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบคำถามปลายเปิด

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดและกำหนดจำนวนข้อสอบ โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างข้อสอบในแต่ละแนวคิดย่อย แนวคิดย่อยละ 2 แต่เลือกใช้จริงเพียง 1 ข้อ ดังนั้นในแต่ละครั้งการสอนจะมี 2 แนวคิดย่อยสร้างแบบวัดทั้งหมด 4 ข้อแต่ใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดจริงเพียง 2 ข้อ ดังปรากฏในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบสำหรับใช้เก็บข้อมูลในแต่ละครั้งการสอน

สอนครั้งที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อ	
			สร้าง	ใช้จริง
1	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน 2. นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน	2	1
	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล 2. นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	2	1

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สอนครั้งที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อ	
			สร้าง	ใช้จริง
2	การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารบริสุทธิ์2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเข้มข้นและการเจรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้	2	1
	การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารละลายเข้มข้น 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเข้มข้นและการเจรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้	2	1
3	สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย	1.นักเรียนสามารถบอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดได้ (K_b) 2. นักเรียนสามารถคำนวณจุดเดือดของสารละลายได้	2	1
	สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย	1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของค่าคงที่ของการลดลองของจุดเยือกแข็งได้ (K_f) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลายและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้	2	1
		รวม	**12**	**6**

2.4 ดำเนินการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สารละลาย โดยใช้ข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 12 ข้อ คัดเลือกข้อคำถามนำมาใช้ 6 ข้อ แบบวัดเป็นแบบอัตนัย โดยมี 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นการวาดภาพและส่วนที่เป็นการเขียนบรรยาย ให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิด โดยเกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่นำมาประเมินเป็นเกณฑ์ที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของของณัชธฤต เกื้อทาน (2554) แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดผู้วิจัยปรับปรุงจากแนวคิดของณัชธฤต เกื้อทาน (2554)

ระดับ	องค์ประกอบ
CMM	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
ICMM	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
CFMM	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือรูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องแต่เหตุผลที่ใช่ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
FMM	รูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
IMM	รูปภาพที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความหรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพ

2.5 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นพร้อมเกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด แล้วนำกลับมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ คือ เพิ่มคำชี้แจงให้กับแบบวัดเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น

2.6 นำแบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (ชุดเดิม)

2.7 ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบวัดนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบวัดนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบวัดนั้นวัดได้ไม่ตรงกับจุดประสงค์

2.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้อง โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าข้อสอบนั้นมีความสอดคล้อง และสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ เมื่อพิจารณาความสอดคล้อง ปรากฏดังตารางที่ 12 (ดังปรากฏในหน้าที่ 179-180)

ตารางที่ 12 ข้อคำถามในแบบทดสอบและค่าดัชนีความสอดคล้อง

การสอนครั้งที่	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
1	1	0.67
	2	0.67
	3	0.67
	4	0.67
2	1	0.67
	2	0.67
	3	0.67
	4	0.67
3	1	0.67
	2	0.67
	3	0.67
	4	0.67

จากการคำนวณแบบวัดทุกข้อ พบว่าแบบวัดทุกข้อสามารถนำไปสร้างเป็นแบบวัดแบบจำลองทางความคิดได้

2.9 นำเกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม จากนั้นนำกลับมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ดังนี้ ปรับองค์ประกอบให้ละเอียดสำหรับการตรวจให้คะแนนในแต่ละแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

2.10 นำผลการประเมินเกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ (Rating Scale) 5 อันดับตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน และถือเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวน 3 ท่าน (ชุดเดิม) ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงคะแนน 4.67 - 4.76 (ดังปรากฏในหน้าที่ 181-183) ซึ่งหมายถึงเกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมมากที่สุด

2.11 นำแบบวัดมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) ปรับคำชี้แจงให้กระชับและได้ใจความมากขึ้น

2) สลับรูปแบบแบบทดสอบให้มีความเข้าใจง่ายขึ้น

2.12 จัดพิมพ์แบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนต่อไป

3. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

เป็นแบบบันทึกของผู้วิจัยที่จะบันทึกเหตุการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยจดบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นอย่างละเอียดตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและศึกษาพฤติกรรมของนักเรียน รวมไปถึงปัญหา อุปสรรคและการสรุปเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยบันทึกวิดีโอเพื่อเป็นการบันทึกพฤติกรรม บทสนทนาของผู้วิจัยและนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.1 กำหนดประเด็นในแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

3.2 ทำการสร้างแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3.3 นำแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมพร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ได้รับเพื่อให้เครื่องมือมีความเหมาะสมในการเก็บข้อมูล

4. อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองทางความคิด ความคิดเห็น ความรู้สึกและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่ผู้วิจัยจะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการประเมินและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปดังนี้

4.1 กำหนดประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทินสะท้อนความคิด

4.2 สร้างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนตามประเด็นที่กำหนด ดังปรากฏในตารางที่ 14

4.3 นำอนุทินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4.4 นำอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา โดยในงานวิจัยนี้ใช้แพลตฟอร์ม padlet.com ในการบันทึกอนุทินของนักเรียน แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

หัวข้อ	ประเด็นในอนุทิน
การจัดการเรียนการสอน	- สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน - ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรม
สื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อสื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 จึงทำให้โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) มีการปรับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยแบ่งระหว่างมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายสลับเรียนในชั้นเรียนออนไซต์และออนไลน์ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีการ การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการสอนครั้งที่ 1 และ 3 เป็นการเรียนในชั้นเรียนออนไลน์ และการสอนครั้งที่ 2 เป็นการเรียนในชั้นเรียนออนไซต์ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ครั้ง ดังนี้

1. สอนครั้งที่ 1 จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ในการสอนครั้งที่ 1 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โดยใช้แบบวัดแบบจำลอง เรื่องสารละลาย เพื่อเป็นการจัดระดับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเบื้องต้น จากนั้นดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS เรื่อง สารละลาย จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยใน

ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้การบันทึกหลังการสอน เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในการสอนครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ ใบกิจกรรม อนุทินของนักเรียน จากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับการสอนครั้งที่ 1 เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เมื่อสิ้นสุดการสอนครั้งที่ 1 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล การทำใบกิจกรรม อนุทินของนักเรียน และแบบวัดแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสรุปข้อมูล นำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเพื่อใช้ในการสอนครั้งต่อไป

2. สอนครั้งที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไซต์

ผู้วิจัยปรับปรุงกิจกรรมจากการสอนครั้งที่ 1 ให้ละเอียดยิ่งขึ้น จากนั้นดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ในการสอนครั้งที่ 2 จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้การบันทึกหลังการสอน เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในการสอนครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ ใบกิจกรรม อนุทินของนักเรียน จากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับการสอนครั้งที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล การทำใบกิจกรรม อนุทินของนักเรียน และแบบวัดแบบจำลองทางความคิด จากนั้นสรุปข้อมูลนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเพื่อใช้ในการสอนครั้งต่อไป

3. สอนครั้งที่ 3 จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ผู้วิจัยปรับปรุงกิจกรรมจากการสอนครั้งที่ 2 ให้ละเอียดยิ่งขึ้น จากนั้นดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ในการสอนครั้งที่ 3 จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่โดยใช้การบันทึกหลังการสอน เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ ใบกิจกรรม อนุทินของนักเรียน แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ จากนั้นบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำผลการประเมินทั้ง 3 ครั้งการสอนมาวิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยแยกลักษณะของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีสถิติที่ใช้คือค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวิจัย คือ คะแนนจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลาย ซึ่งได้ข้อมูลจากการวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย เมื่อสิ้นสุดการสอนแต่ละครั้ง แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีระดับแบบจำลองทางความคิดเป็นเท่าใดในแต่ละครั้งการสอน

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำเสนอข้อมูลด้วยการบรรยายในเชิงพรรณนา ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์สภาพปัญหาและสาเหตุปัญหาที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อน วิเคราะห์โดยการแจกแจงข้อค้นพบที่ได้ในเชิงอธิบายความ ซึ่งจะนำมาสู่ข้อสรุป

2.2 วิเคราะห์สภาพการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์โดยการแจกแจงข้อค้นพบที่ได้ในเชิงอธิบายความ ซึ่งนำมาสู่ข้อสรุป และแสดงให้เห็นปัญหาและแนวทางหรือ วิธีการปฏิบัติการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้ข้อมูลจาก ใบกิจกรรมของนักเรียน อนุทินนักเรียน และแบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1) ความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้สูตรค่าความสอดคล้อง IOC ของแบบทดสอบวัดแบบจำลองทางความคิด โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 สถิติที่ใช้มนการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสถิติพื้นฐาน ได้แก่

1) ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ค่าความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) (Mean) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\overline{X} = \frac{\Sigma R}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนคนในกลุ่ม

3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (Standard Deviation) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน คะแนนในแต่ละตัว

n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ผู้วิจัยนำเสนอผลการดำเนินการวิจัยตามแผนปฏิบัติการในแต่ละครั้งการสอนตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด
3. ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดทั้ง 3 ครั้งการสอน

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การศึกษาแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนเรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2564 ช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 เป็นช่วงเวลาที่นักเรียนยังไม่ได้ผ่านเนื้อหาเรื่องสารละลาย โดยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สารละลาย มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดและบรรยาย พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบกันตามความเข้าใจของนักเรียน จำนวน 6 ข้อ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ปรากฏดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน

แนวคิดย่อยเรื่อง สารละลาย	**จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=33)**					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน	2 (6.06)	4 (12.12)	10 (30.30)	14 (42.42)	2 (6.06)	1 (3.03)
ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	3 (9.09)	2 (6.06)	9 (27.27)	15 (45.45)	3 (9.09)	1 (3.03)
การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์	3 (9.09)	6 (18.18)	16 (48.48)	4 (12.12)	2 (6.06)	2 (6.06)

ตารางที่ 14 (ต่อ)

แนวคิดย่อยเรื่อง สารละลาย	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=33)					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	2 (6.06)	11 (33.33)	8 (24.24)	7 (21.21)	4 (12.12)	1 (3.03)
สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย	3 (9.09)	2 (6.06)	13 (39.39)	4 (12.12)	7 (21.21)	4 (12.12)
สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย	2 (6.06)	3 (9.09)	11 (33.33)	9 (27.27)	5 (15.15)	3 (9.09)
ร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียน	7.58	14.14	33.84	26.77	11.61	6.06

หมายเหตุ : CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากตารางที่ 14 พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS นักเรียนทั้งหมด 33 คน แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 33.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย และสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย ตามลำดับ รองลงมานักเรียน ร้อยละ 26.77 มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่เป็นแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) ในแนวคิดเรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน และความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในระดับ แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ที่มีนักเรียนร้อยละ 26.77 แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) ที่มีนักเรียนร้อยละ 11.61 และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ที่มีนักเรียนร้อยละ 6.06 ให้มีระดับแบบจำลองทางความคิดที่สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด

โดยผลการดำเนินการงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด โดยแยกเป็นครั้งการสอน ดังนี้

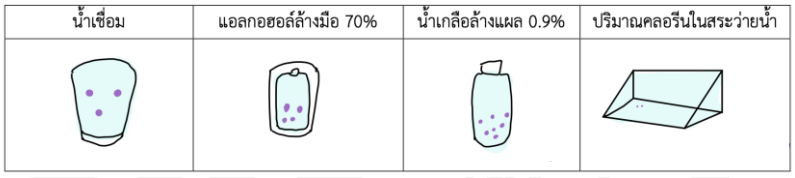
การสอนครั้งที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

1.1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

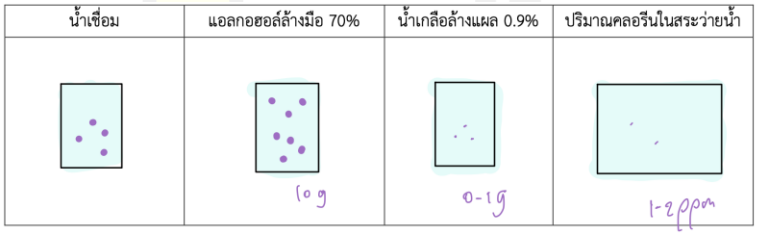
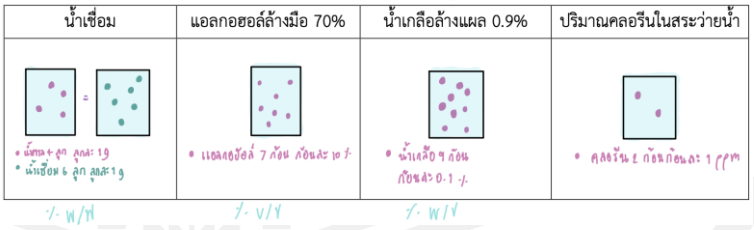
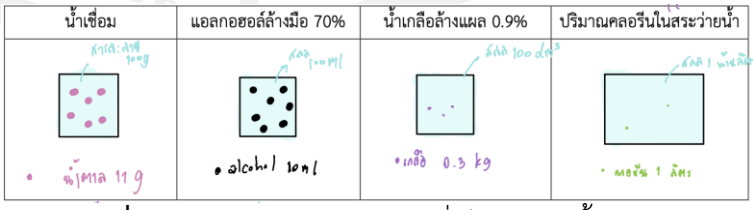
การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน เป็นเรื่องแนวคิดหลักคือ ความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งในการจัดกิจกรรมกาเรียนรู้นี้ครูยกตัวอย่างสารในชีวิตประจำวันที่มีหน่วยความเข้มข้นที่ครอบคลุมเนื้อหาย่อยในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งดำเนินการจัดการเรียนการสอนผ่านแอพลิเคชั่น Microsoft team และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะให้นักเรียนบันทึกร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองในใบกิจกรรม ดังปรากฏในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (รายบุคคล)	

ภาพที่ 4 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S10

ตารางที่ 15 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์(รายกลุ่ม)	
ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (รายบุคคล)	
ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (รายกลุ่ม)	
ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ชั้นเรียน)	

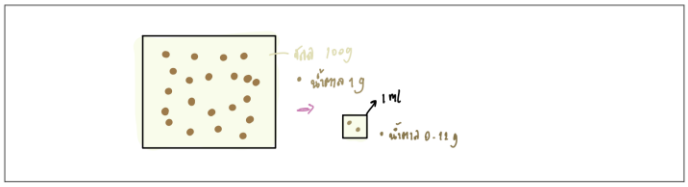
ภาพที่ 5 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 3

ภาพที่ 6 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S10

ภาพที่ 7 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 3

ภาพที่ 8 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน

ตารางที่ 15 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (รายบุคคล)	6. หากครูมีสารละลายน้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เข้มข้นร้อยละ 22.0 โดยมวล มีความหนาแน่น 1.09 กรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลาย 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลทรายละลายอยู่กี่กรัม จงวาดภาพเพื่ออธิบายสารละลายน้ำตาลทราย  ในสารละลาย 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลทรายละลายอยู่กี่กรัม = 0.24 กรัม

ภาพที่ 9 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S10

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดระหว่างเรียนจากตารางที่ 15 แสดงภาพวาดแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S10 ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนในกลุ่มที่ 3 ดังภาพที่ 4 นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นเป็นแบบการวาดภาพที่เหมือนการแสดงออกของตัวอย่างที่ครูผู้สอนกำหนดให้ กล่าวคือ นักเรียนวาดแบบจำลองที่เป็นภาพเสมือนจริง คือ การวาดขวดน้ำเชื่อมที่มีน้ำเชื่อมอยู่ภายในขวด แอลกอฮอล์ล้างมือที่มีลักษณะเหมือนขวดแอลกอฮอล์ น้ำเกลือล้างแผลที่มีลักษณะเป็นขวดน้ำเกลือที่บรรจุน้ำเกลือ และการวาดสระว่ายน้ำที่แสดงถึงน้ำที่มีปริมาณคลอรีนผสมอยู่ จากรูปแบบทั้ง 4 จะเห็นว่านักเรียน S10 สามารถวาดแบบจำลองของสารละลายได้ในระดับโมเลกุล ซึ่งเป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดในระดับมหภาคผสมกับระดับจุลภาค สังเกตจากมีจุดเล็ก ๆ ภายในภาพวาดเพื่อแสดงถึงโมเลกุลของสารในสารละลายนั้น ๆ แต่ยังไม่สามารถให้ความหมายของโมเลกุลที่วาดที่แสดงถึงความเข้าใจในสารละลาย แสดงให้เห็นว่าในแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นนี้ นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM)

เมื่อพิจารณาขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่ม นักเรียนกลุ่มที่ 3 สามารถหาความหมายของความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านสวนได้อย่างถูกต้อง นั่นคือ มีความเข้มข้นในหน่วยร้อยละแบ่งออกเป็น ร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร และส่วนในล้านส่วน ดังนี้

"หน่วยความเข้มข้นร้อยละโดยมวล เป็นหน่วยความเข้มข้นที่ใช้บอกมวลของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน ร้อยละโดยปริมาตร เป็นหน่วยที่ใช้บอกปริมาตรของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรเดียวกัน ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร เป็นหน่วยที่ใช้บอกมวลของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร และส่วนในล้านส่วน เป็นหน่วยที่ใช้ในกรณีที่สารมีจำนวนน้อย ๆ " (ใบกิจกรรมของนักเรียน S10)

อีกทั้งยังสามารถระบุสูตรที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้นในหน่วยข้างต้นได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 5 เมื่อให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของตนเองหลังจากได้ตรวจสอบเชิงประจักษ์แล้ว จะเห็นว่านักเรียนมีการให้ระบุปริมาณของโมเลกุลที่แสดงขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในความหมายของหน่วยความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่ในการระบุตัวเลขยังไม่ชัดเจนและยังไม่มีเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิด จากนั้นครูผู้สอนได้แนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นักเรียนได้ค้นคว้ามาสามารถเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ เป็นไปในทิศทางเดียวกับครูหรือไม่อย่างไร จากนั้นนักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่ปรับปรุงเบื้องต้นของตนเองแล้วและนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้งดังภาพที่ 6 ซึ่งเป็นระดับแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) จะเห็นว่านักเรียนสามารถระบุความหมายของแบบจำลองที่วาดในระดับโมเลกุลได้และยังไม่สามารถระบุปริมาณสารได้ถูกต้อง จึงทำให้เมื่อมีการประเมินโดยเพื่อนภายในกลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของสมาชิกในกลุ่มว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ให้เป็นมติของกลุ่มดังภาพที่ 7 โดยมีการวาดภาพแบบจำลองของสารละลายในแต่ละความเข้มข้นได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นการวาดในระดับจุลภาค (Microscopic level) คือนักเรียนวาดสารในระดับโมเลกุล อีกทั้งยังมีการระบุปริมาณของโมเลกุลในแต่ละตัวอย่างแต่ยังระบุได้ไม่ถูกต้อง กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มที่ 3 จะกำหนดให้หนึ่งจุดคือหนึ่งเปอร์เซ็นของสารนั้น ซึ่งไม่ถูกต้องตามความหมายของความเข้มข้น ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่ 3 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายความหมายของสารละลายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของกลุ่มว่าแบบจำลองยังไม่มีความถูกต้อง หรือสมบูรณ์ในส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร และได้ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากการอภิปรายระหว่างครูผู้สอนและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียน ทำให้แบบจำลองที่เป็นมติของห้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 8 จะเห็นว่าแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนมีความสมบูรณ์ ถูกต้องและสอดคล้อง

กับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น นั่นคือ มีการวาดภาพแบบจำลองในระดับโมเลกุล และสามารถระบุปริมาณสารได้ถูกต้องในแต่ละตัวอย่าง ว่าในน้ำเชื่อม 6 กรัมจะมีน้ำตาลอยู่ 4 กรัม อยู่ในหน่วยความเข้มข้นร้อยละมวล (% w/w) โดยนักเรียนแสดงในระดับโมเลกุลมีทั้งหมด 6 โมเลกุลและกำหนดให้หนึ่งโมเลกุลแทนน้ำตาล 11 กรัม นั่นคือในน้ำเชื่อม จะมีน้ำตาลประมาณ 67.67 กรัมในสารละลายน้ำเชื่อม 100 กรัม ในแอลกอฮอล์ล้างมือ 70 % อยู่ในหน่วยความเข้มข้นร้อยละโดยปริมาตร (% v/v) โดยนักเรียนแสดงในระดับโมเลกุล มีทั้งหมด 7 โมเลกุลและกำหนดให้หนึ่งโมเลกุลแทนแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร นั่นคือในแอลกอฮอล์ล้างมือ 70 % จะมีแอลกอฮอล์ 70 มิลลิลิตรในสารละลาย 100 มิลลิลิตร ในน้ำเกลือล้างแผล 0.9 % อยู่ในหน่วยความเข้มข้นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (% w/v) โดยนักเรียนแสดงในระดับโมเลกุล มีทั้งหมด 3 โมเลกุลและกำหนดให้หนึ่งโมเลกุลแทนเกลือ 0.3 กิโลกรัม นั่นคือจะมีเกลือ 0.9 กิโลกรัมในสารละลาย 100 ลิตร และในสระว่ายน้ำจะมีปริมาณคลอรีน 1-2 ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm โดยนักเรียนแสดงในระดับโมเลกุล มีทั้งหมด 1-2 โมเลกุลและกำหนดให้ 1 โมเลกุลแทนคลอรีน 1 ลิตร นั่นคือปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำจะมีคลอรีน 1-2 ลิตรในสระว่ายน้ำหรือในสารละลาย 1 ล้านลิตร เนื่องจากนักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นมติของห้อง จากหลักฐานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ไปสู่แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

เมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองที่เป็นมติของห้องไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 9 เป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน S10 ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากกิจกรรมในชั้นเรียน จากภาพเริ่มต้นก่อนการคำนวณ จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดแบบจำลองในระดับโมเลกุลและมีการระบุความหมายของโมเลกุลนั้นว่าในหนึ่งโมเลกุลมีปริมาณน้ำตาลทรายเท่ากับ 1 กรัมจำนวน 22 โมเลกุลในสารละลาย 100 กรัมซึ่งตรงตามข้อความที่กำหนดให้คือ น้ำตาลทรายเข้มข้นร้อยละ 22 โดยมวล เมื่อต้องการหาปริมาณน้ำตาลทรายในสารละลาย 1 มิลลิลิตร ซึ่งในข้อความกำหนดความหนาแน่นเท่ากับ 1.09 กรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นนักเรียนจึงสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทรายในสารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตรได้ถูกต้องเท่ากับ 0.24 กรัม และวาดแบบจำลองโดยกำหนดให้หนึ่งโมเลกุลเท่ากับ 0.12 กรัมจำนวน 2 โมเลกุลในสารละลาย 1 มิลลิลิตร โดยวิธีการคำนวณแสดงดังภาพที่ 9

สรุปได้ว่า นักเรียน S10 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยตนเอง และเมื่อมีกิจกรรมระหว่างเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิด

สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ซึ่งมีการพัฒนาจากการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น หลังจากการตรวจสอบเชิงประจักษ์ และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหลังจากอภิปรายภายในกลุ่ม จนเมื่อได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างชั้นเรียนกับครูผู้สอน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) และนักเรียน S10 ยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ต่อกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดจากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองเบื้องต้นไปยังระหว่างเรียนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ถูกต้องผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี้ และเศษส่วนโมล

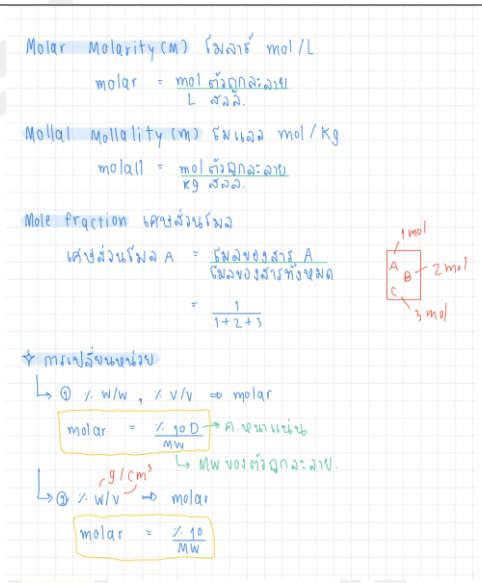
การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี้ และเศษส่วนโมล เป็นเรื่องแนวคิดหลักคือ ความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งในการจัดกิจกรรมกาเรียนรู้นี้ครูยกตัวอย่างสารละลายด่างทับทิมที่มีหน่วยความเข้มข้นต่างกัน ที่ครอบคลุมเนื้อหาย่อยในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูการจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งดำเนินการจัดการเรียนการสอนผ่านแอพลิเคชั่น Microsoft team และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะให้นักเรียนบันทึกร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองในใบกิจกรรม ดังปรากฏในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี้ และเศษส่วนโมล

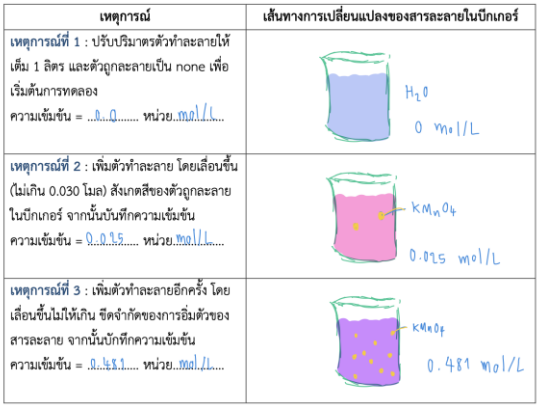
การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (รายบุคคล)	

ภาพที่ 10 แบบจำลองความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S15

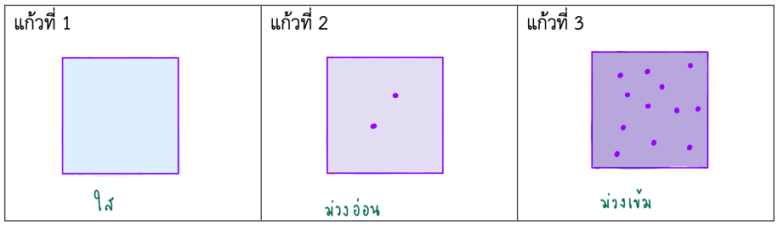
ตารางที่ 16 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ (รายกลุ่ม)	

ภาพที่ 11 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 6

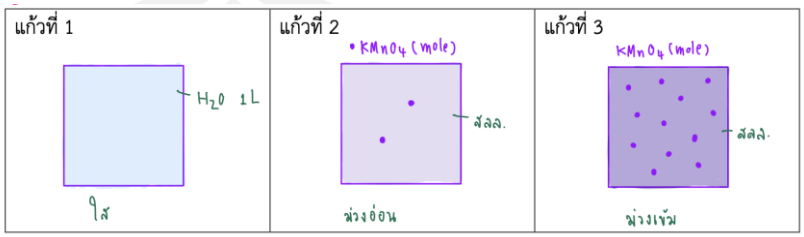
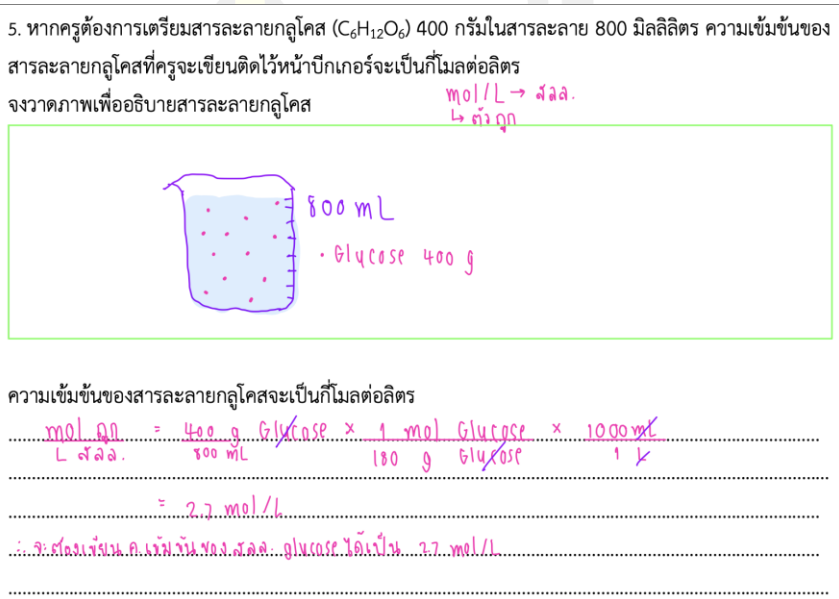
ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (รายบุคคล)	

ภาพที่ 12 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S15

ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (รายกลุ่ม)	

ภาพที่ 13 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 6

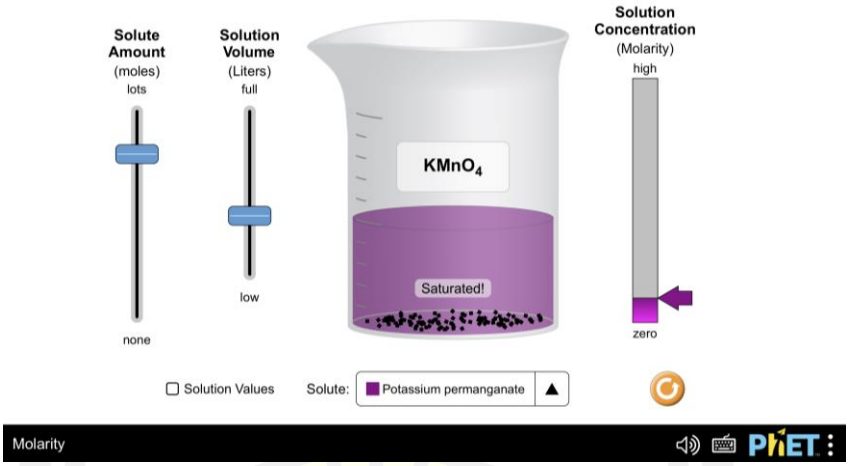
ตารางที่ 16 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ชั้นเรียน)	
	ภาพที่ 14 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน
ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (รายบุคคล)	
	ภาพที่ 15 แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S15

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดระหว่างเรียนจากตารางที่ 16 แสดงภาพวาดแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S15 ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนในกลุ่มที่ 6 ดังภาพที่ 10 นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นเป็นแบบการวาดภาพการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายตามตัวอย่างที่ครูผู้สอนยกตัวอย่างในชั้นเรียน จะเห็นว่านักเรียนมีการไล่สีของสารละลายทั้ง 3 แก้วอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดในระดับมหภาค (Macroscopic Level) แต่นักเรียนยังไม่สามารถเขียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าในแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นนี้ นักเรียนมีการสร้าง

แบบจำลองทางความคิดแต่ยังไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลเชื่อมโยงได้ ดังนั้นนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM)

เมื่อพิจารณาขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่ม นักเรียนกลุ่มที่ 6 สามารถหาความหมายของความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้อย่างถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 11 จากนั้นเพื่อเป็นการทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น ครูผู้สอนเลยกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบเชิงประจักษ์ในเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี เพื่อทำให้นักเรียนเห็นภาพได้อย่างชัดเจน ครูผู้สอนจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำการทดลองผ่านเว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/sims/html/molarity/latest/molarity_en.html ซึ่งเป็นแหล่งการเรียนรู้ในการเตรียมสารละลายในหน่วยความเข้มข้นโมลาริตี ตัวอย่างเว็บไซต์ดังภาพที่ 16 จากนั้นได้กำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนร่วมกันลองทำและได้รู้ถึงความเข้มข้น ขณะเพิ่มหรือลดสารที่ใช้ และปริมาตรของสารละลายที่ต้องการแบบจำลองในบีกเกอร์จะมีลักษณะเป็นอย่างไร



ภาพที่ 16 ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้การเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาริตี

เมื่อให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของตนเองหลังจากได้ตรวจสอบเชิงประจักษ์แล้ว จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดโมเลกุลของสารละลายและกำหนดว่าโมเลกุลนั้นคือสาร $KMnO_4$ แต่ละเหตุการณ์ก็จะมีปริมาณของโมเลกุลที่ต่างออกไปอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ นักเรียนเข้าใจเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย โดยนักเรียนได้ให้คำตอบว่า

" ยิ่งเพิ่มปริมาณสาร $KMnO_4$ ยิ่งทำให้ความเข้มข้นหน่วยโมลาริตีมากขึ้น และภายในสารละลายจะมีโมเลกุลของ $KMnO_4$ มากขึ้น" (คำอธิบายของนักเรียน S15)

จะเห็นว่านักเรียน S15 มีการปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของตนเองหลังจากได้ตรวจสอบเชิงประจักษ์ร่วมกันกับกลุ่มของตนเอง จากนั้นครูผู้สอนได้แนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์

และสถานการณ์จำลองร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นักเรียนได้ค้นคว้ามาสามารถเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ เป็นไปในทิศทางเดียวกับครูหรือไม่อย่างไร หลังจากที่นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่ปรับปรุงเบื้องต้นของตนเองแล้วและนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้งดังภาพที่ 12 และมีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)

เมื่อพิจารณาการประเมินโดยเพื่อนภายในกลุ่มที่ 6 ซึ่งเป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของสมาชิกในกลุ่มว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ให้เป็นมติของกลุ่มดังภาพที่ 13 โดยมีการวาดภาพแบบจำลองทางความคิดของสารละลาย ได้ถูกต้องตามปริมาณของสารที่เพิ่มขึ้น จะเห็นว่าจำนวนโมเลกุลสารจะเพิ่มมากขึ้นด้วย อีกทั้งนักเรียนยังสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายได้ว่า ยิ่งมีปริมาณสารมากขึ้น ยิ่งทำให้สีของสารละลายเข้มมากขึ้น โดยนักเรียนเสดงหลักฐานลงในใบกิจกรรม ซึ่งแบบจำลองทางความคิดนี้อยู่ในระดับมหภาคและจุลภาค คือสามารถวาดสารในระดับโมเลกุลได้และยังแสดงสีที่เปลี่ยนแปลงไป

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายความหมายของสารละลายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของกลุ่มว่าแบบจำลองทางความคิดยังไม่มีความถูกต้องหรือสมบูรณ์ในส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร และได้ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากการอภิปรายระหว่างครูผู้สอนและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของห้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 14 จะเห็นว่าแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมีความสมบูรณ์ ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น นั่นคือ ในแบบจำลองทางความคิดมีการกำหนดว่าสารละลายนั้นคือสาร $KMnO_4$ หรือด่างทับทิม ซึ่งจะแสดงในรูปแบบโมเลกุลและปริมาณของสาร $KMnO_4$ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเหตุการณ์ที่ 1 ที่ยังไม่มีการเติมสารใด ๆ เลย นักเรียนแสดงให้เห็นว่าเป็นน้ำไม่มีสารอื่นอยู่ในแบบจำลองทางความคิด แสดงให้เห็นจากการระบุว่าคือ H_2O 1 L และมีลักษณะใสที่นักเรียนมีการบันทึกร่องรอยที่ต่างออกไปจากแบบจำลองทางความคิดภายในกลุ่มได้ เนื่องจากนักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นมติของห้อง และทำให้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีรายละเอียดมากขึ้น และแสดงถึงความเข้าใจในความหมายของสารละลายมากขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

เมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองที่เป็นมติของห้องไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 15 เป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน S15 ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากกิจกรรมในชั้นเรียน จากภาพจะเห็นว่านักเรียนมีการวาดแบบจำลองทางความคิดในระดับโมเลกุลและมีการระบุความหมายของโมเลกุลนั้นว่าคือกลูโคสปริมาณ 400 กรัม ในสารละลาย 800 มิลลิลิตร ซึ่งตรงตามข้อความที่กำหนดให้ เมื่อต้องการหาความเข้มข้นที่เขียนไว้ข้างหน้าบีกเกอร์ว่ามีความเข้มข้นเป็นกี่โมลต่อลิตร นักเรียนสามารถคำนวณได้จากการหาแฟกเตอร์ได้ถูกต้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.7 โมลต่อลิตร (หรือโมลาร์)

สรุปได้ว่า นักเรียน S15 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยตนเอง และเมื่อมีกิจกรรมระหว่างเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ซึ่งมีการพัฒนาจากการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น หลังจากการตรวจสอบเชิงประจักษ์ และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหลังจากอภิปรายภายในกลุ่ม จนเมื่อได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างชั้นเรียนกับครูผู้สอน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) และนักเรียน S15 ยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ต่อกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดจากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองเบื้องต้นไปยังระหว่างเรียนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ถูกต้องผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

2. อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ท้ายการสอนครั้งที่ 1

อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนเป็นการให้ได้บันทึกเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองทางความคิด ความคิดเห็น ความรู้สึกและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่ผู้วิจัยจะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการประเมินและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน สามารถสรุปได้เป็น 3 องค์ประกอบดังนี้

2.1 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับความหมายของความเข้มข้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยกตัวอย่างสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

"ต่อไปเวลาดูยาน้ำจะสังเกตความเข้มข้นก่อนเลย" อนุทินของนักเรียน S4 (9 ก.พ. 2564)

"พึ่งรู้ว่าในสระว่ายน้ำมีคลอรีนน้อยมาก นึกว่าเยอะเพราะกลิ่นแอบแรง" อนุทินของนักเรียน S17 (9 ก.พ. 2564)

2.2 ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรม เนื่องจากการกิจกรรมการเรียนการสอนใน 2 แผนแรกนี้เป็นการเรียนแบบออนไลน์ในแอพลิเคชั่น Microsoft team ซึ่งเวลาในการดึงนักเรียนเข้ากลุ่มและดึงกลับมาในห้องเรียนหลักจะเสียเวลาในการแปรผลนี้ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงมีเวลาจำกัด และการเรียนรู้ด้วยกระบวนการกลุ่มมีผลอย่างมากที่จะทำให้นักเรียนอยากเรียนมากขึ้น เข้าใจเนื้อหาในชั้นเรียนได้ดีกว่าการเรียนรู้หรือทำใบกิจกรรมด้วยตนเอง

"วันนี้ถ้าไม่ได้ปรึกษาเพื่อนหรือว่าช่วยกันหาความหมายก็น่าจะยากและนานค่ะ หนูไม่อยากทำคนเดียว" อนุทินของนักเรียน S32 (9 ก.พ. 2565)

"เวลาในแต่ละหัวข้อน้อยไป วาดรูปสวย ๆ ไม่ทัน" อนุทินของนักเรียน S12 (9 ก.พ. 2565)

" อาจารย์พาทำเลยไม่ได้หรอคะ " อนุทินของนักเรียน S28 (9 ก.พ. 2565)

2.3 ความคิดเห็นที่มีต่อสื่อการสอนที่ใช้ นักเรียนส่วนใหญ่สนใจสื่อการสอนออนไลน์ที่ครูผู้สอนได้นำมาใช้ในการสอน สนุกกับการได้ลองทำด้วยตนเอง และยังมีนักเรียนบางคนที่ไม่ได้มีอุปกรณ์ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้สื่อที่ครูผู้สอนกำหนดให้ได้จึงอยากให้ครูกำหนดล่วงหน้าก่อนวันสอนจริงหรือจัดเตรียมให้ก่อนหน้านั้น

"เว็บน่าสนใจ สนุกดีครับ อยากให้มีเพิ่มอีก" อนุทินของนักเรียน S25 (9 ก.พ. 2565)

"ยกตัวอย่างสารในชีวิตประจำวันได้หลากหลาย ได้รู้เยอะขึ้นค่ะ" อนุทินของนักเรียน S21 (9 ก.พ 2565)

"หนูไม่มีไอแพดและเครื่องปริ้นที่บ้าน อยากให้อาจารย์โพสงานหรือใบงานให้นานกว่านี้ หรือให้ไปรับที่โรงเรียน" อนุทินของนักเรียน S33 (9 ก.พ. 2565)

3. ผลการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

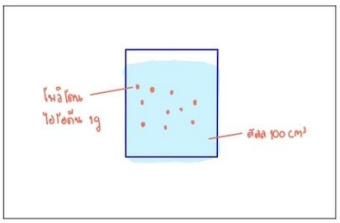
การศึกษารูปแบบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด แนวคิดหลักเรื่องความหมายของความเข้มข้นของสารละลาย จำนวน 2 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดโดย ให้นักเรียนวาดภาพพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบเพื่อแสดงแบบจำลองทางความคิด จากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบ โดยพิจารณาทั้งภาพและคำอธิบายร่วมกันอย่างละเอียด จากนั้นผู้วิจัยรายงานข้อมูลในรูปของร้อยละเพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีรูปแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มต่าง ๆ ปรากฏดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีรูปแบบแบบจำลองทางความคิดแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของความเข้มข้นของสารละลายหลังการสอนครั้งที่ 1

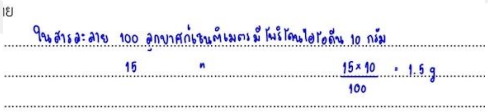
แนวคิดย่อยเรื่องสารละลาย	**จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=33)**					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน	8 (24.24)	10 (30.30)	11 (33.33)	4 (12.12)	0 (0.00)	0 (0.00)
ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	6 (18.18)	13 (39.39)	4 (12.12)	8 (24.24)	2 (6.06)	0 (0.00)
ร้อยละเฉลี่ยของนักเรียนสอนครั้งที่ 1	21.21	34.84	22.73	18.18	3.03	0.00

หมายเหตุ : CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากตารางที่ 17 พบว่า ในการสอบท้ายการสอนครั้งที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 34.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 22.73 ซึ่งมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนร้อยละ 21.21 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) นักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และนักเรียนร้อยละ 3.03 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด มีตัวอย่างคำตอบนักเรียนดังนี้

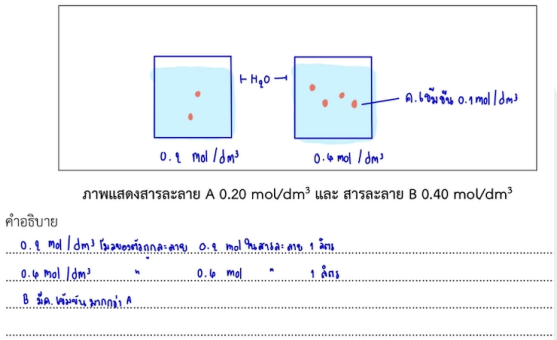


ภาพสารละลายยาล้างแผลเบตาดีน



ภาพที่ 17 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 1 ข้อที่ 1

จากภาพที่ 17 เป็นคำตอบของนักเรียน S8 ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เนื่องจากคำตอบของนักเรียนประกอบด้วยภาพวาดที่เป็นแบบจำลองของสารละลายที่เห็นได้อย่างชัดเจนและมีการระบุความหมายของโมเลกุลได้ถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถแสดงคำอธิบายประเภทของสารละลาย และลักษณะของสารละลายได้บางส่วน



ภาพแสดงสารละลาย A 0.20 mol/dm³ และ สารละลาย B 0.40 mol/dm³

ภาพที่ 18 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 1 ข้อที่ 2

จากภาพที่ 18 เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S8 ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เนื่องจากคำตอบของนักเรียนประกอบด้วยภาพวาดที่เป็นแบบจำลองของสารละลายทั้ง 2 ชนิด นั่นคือ มีการวาดสารในระดับโมเลกุลและสามารถระบุองค์ประกอบของภาพวาดได้แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดของสารละลายในแต่ละภาพว่าเป็นของสารละลายใด อีกทั้งยังมีการอธิบายความหมายของความเข้มข้นได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดของสารละลายที่แตกต่างกันได้

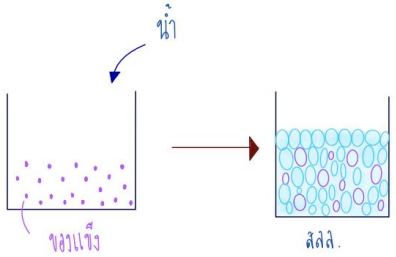
การสอนครั้งที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

1.1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ เป็นเรื่องแนวคิดหลักคือ การเตรียมสารละลาย ซึ่งในการจัดกิจกรรมกาเรียนรู้นี้ครูผู้สอนได้นำเสนอวิดีทัศน์ของการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์จากผลึก $Co(NO_3)_2$ ที่ครอบคลุมเนื้อหาย่อยในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งดำเนินการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะให้นักเรียนบันทึกร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองในใบกิจกรรม ดังปรากฏในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (รายบุคคล)	

ภาพที่ 19 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S6

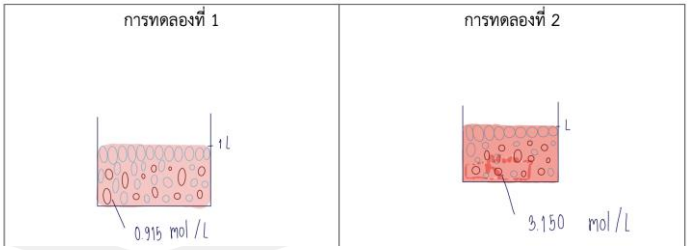
ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ (รายกลุ่ม)

รายการปฏิบัติ	ความเข้มข้น (mol/dm^3)
(การทดลองที่ 1) ลากไปมา 5 ครั้ง เติมตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 1000 cm^3	0.915 mol/L
(การทดลองที่ 2) ลากไปมา 12 ครั้ง เติมตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 1000 cm^3	3.150 mol/L

รายการปฏิบัติ	แสดงวิธีคำนวณ	ปริมาณผลึก (กรัม)
(การทดลองที่ 1) ลากไปมา 5 ครั้ง เติมตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 1000 cm^3	$\frac{g}{MW} = \frac{0.915\,(1000)}{1000}$ $g = \frac{0.915\,(1000)}{1000} \times 58.5$ $= 53.53\ g$	53.53 g
(การทดลองที่ 2) ลากไปมา 12 ครั้ง เติมตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 1000 cm^3	$\frac{g}{MW} = \frac{3.150\,(1000)}{1000}$ $g = \frac{3.150\,(1000)}{1000} \times 58.5$ $= 184.28$	184.28 g

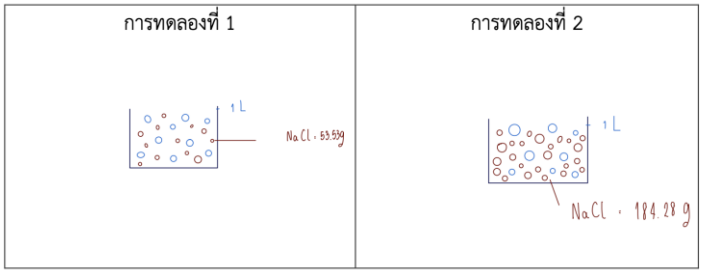
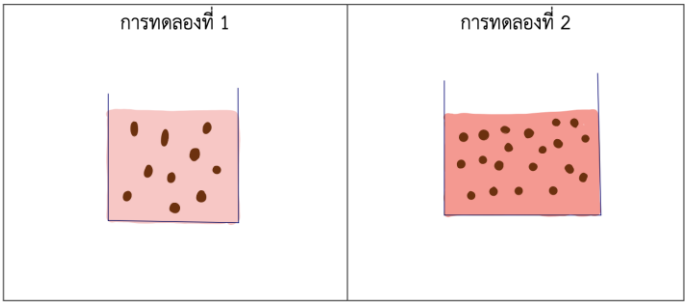
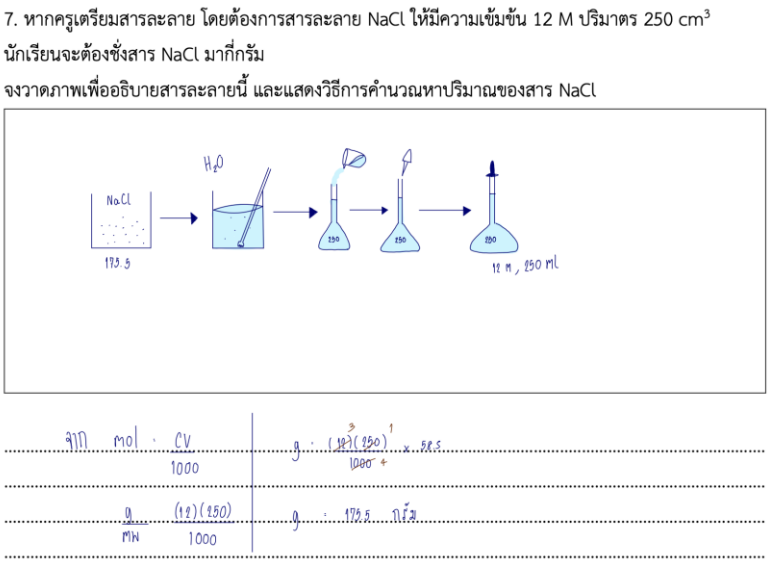
ภาพที่ 20 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 5

ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (รายบุคคล)



ภาพที่ 21 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S6

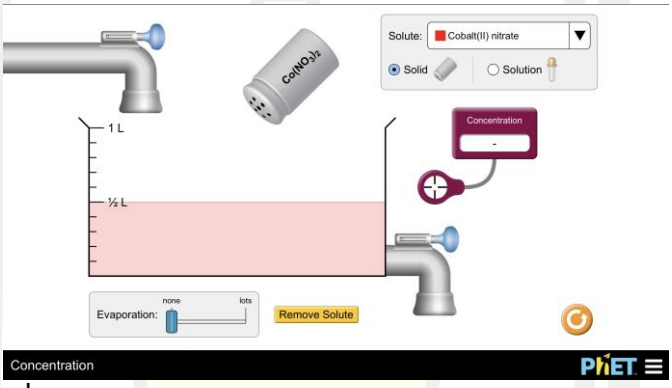
ตารางที่ 18 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (รายกลุ่ม)	 **ภาพที่ 22** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 5
ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ชั้นเรียน)	 **ภาพที่ 23** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน
ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (รายบุคคล)	 **ภาพที่ 24** แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S6

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดระหว่างเรียนจากตารางที่ 18 แสดงภาพวาดแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S6 ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนในกลุ่มที่ 5 นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นเป็นแบบการวาดภาพการเตรียมสารละลายตามวิดิทัศน์ที่ครูผู้สอนแสดงให้ดู จะเห็นว่านักเรียนมีการวาด 2 บีกเกอร์ บีกเกอร์ที่แรกบอกถึงของแข็งที่เตรียมไว้โดย

นักเรียนวาดในรูปแบบของจุดแทนปริมาณของสารบริสุทธิ์และบีกเกอร์ถัดมาเมื่อสารบริสุทธิ์กลายเป็นสารละลายซึ่งมีรูปของโมเลกุลของน้ำ (สีฟ้า) และโมเลกุลของสารบริสุทธิ์ (สีม่วง) จากภาพแบบจำลองนักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลายได้ในระดับโมเลกุลและการลงสีซึ่งเป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดในระดับมหภาคผสมกับระดับจุลภาค แต่ยังไม่สามารถระบุว่าโมเลกุลใดเป็นของสารใด แสดงให้เห็นว่าในแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นนี้ นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)

เมื่อพิจารณาขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งกระบวนการเรียนรู้นี้ครูผู้สอนให้นักเรียนช่วยกันทำการทดลองสื่อออนไลน์ เว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_en.html (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

นักเรียนกลุ่มที่ 5 สามารถทำการทดลอง และหาปริมาณผลึกหน่วยกรัมที่ใช้ในการเตรียมสารละลายทั้ง 2 การทดลองได้ถูกต้อง ปรากฏดังภาพที่ 20 โดยเป็นการสืบค้นหาวิธีการคำนวณปริมาณสารบริสุทธิ์ที่ต้องเตรียมตามความเข้มข้นที่แสดงในการทดลองทั้งสองครั้ง จากนั้นครูให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง โดยการวาดอธิบายถึงสารละลายของการทดลองทั้งสองครั้ง จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดโมเลกุลของสารบริสุทธิ์และตัวทำละลาย อีกทั้งยังมีการระบายสีที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงไปของความเข้มข้นในแต่ละการทดลองและยังมีการเขียนระบุว่าการทดลองที่ 1 และ 2 มีความเข้มข้นเป็นอย่างไร จากนั้นครูผู้สอนได้แนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นักเรียนได้ค้นคว้ามาสามารถเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ เป็นไปในทิศทางเดียวกับครูหรือไม่ อย่างไร หลังจากที่นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่ปรับปรุงเบื้องต้นของตนเองแล้วและนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้งดังภาพที่ 21

เมื่อพิจารณาการประเมินโดยเพื่อนภายในกลุ่มที่ 5 ซึ่งเป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของสมาชิกในกลุ่มว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ให้เป็นมติของกลุ่ม ดังภาพที่ 22 โดยมีการวาดภาพแบบจำลองทางความคิดของสารละลาย เมื่อเปรียบเทียบการทดลองทั้งสองครั้ง จะเห็นได้ชัดเลยว่าปริมาณของสารบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น สังเกตจากโมเลกุลสีแดงที่นักเรียนแทนด้วยสารบริสุทธิ์และโมเลกุล สีฟ้าแทนด้วยตัวทำละลายคือน้ำ แต่นักเรียนยังระบุสารบริสุทธิ์ไม่ถูกต้อง เนื่องจากในการทดลองถูกกำหนดให้เป็นสาร $Co(NO_3)_2$ ดังนั้นนักเรียนกลุ่มที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายความหมายของสารละลายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของกลุ่มว่าแบบจำลองทางความคิดยังไม่มีความถูกต้อง หรือสมบูรณ์ในส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร และได้ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากการอภิปรายระหว่างครูผู้สอนและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของห้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 23 จะเห็นว่าแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมีความสมบูรณ์ ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น นั่นคือในแบบจำลองทางความคิดมีการกำหนดว่าสารละลายนั้นคือสาร $Co(NO_3)_2$ ซึ่งจะแสดงในรูปแบบโมเลกุลและปริมาณของสาร $Co(NO_3)_2$ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดลองที่ 1 จะเห็นโมเลกุลของสาร $Co(NO_3)_2$ นั้นมีปริมาณน้อยกว่าการทดลองที่ 2 อย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีการใส่สีของสารละลายที่เตรียมได้เห็นว่ามีสีที่ต่างกัน นั่นคือ การทดลองที่ 1 มีความเข้มข้นน้อยกว่านักเรียนแสดงให้เห็นสีแดงที่อ่อนกว่าการทดลองที่ 2 ที่มีความเข้มข้นมากกว่า ซึ่งต่างออกไปจากแบบจำลองทางความคิดของกลุ่มตนเอง เนื่องจากนักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นมติของห้อง และทำให้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีรายละเอียดมากขึ้น และแสดงถึงความเข้าใจในการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์มากขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้ MCIS

เมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองที่เป็นมติของห้องไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 24 เป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน S6 ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากกิจกรรมในชั้นเรียน จากภาพจะแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์โดยนักเรียนได้รับการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองจากครูผู้สอนได้อย่างครบขั้นตอนและมีการนำแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนไปใช้ร่วมด้วย

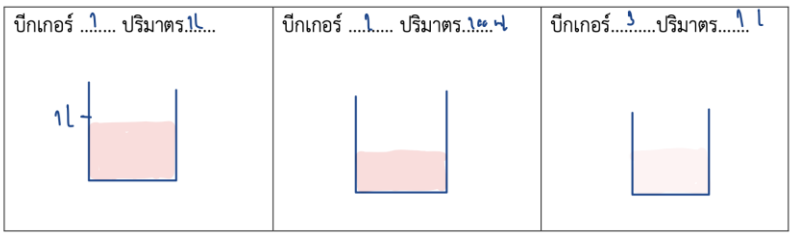
และยังสามารถคำนวณหาปริมาณของสาร NaCl ที่ต้องการเตรียมให้มีความเข้มข้นที่กำหนดตามสถานการณ์นั้นได้

สรุปได้ว่า นักเรียน S6 มี ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยตนเองนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) และเมื่อมีกิจกรรมระหว่างเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ซึ่งมีการพัฒนาจากการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น หลังจากการตรวจสอบเชิงประจักษ์ และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหลังจากอภิปรายภายในกลุ่ม จนเมื่อได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างชั้นเรียนกับครูผู้สอน และนักเรียนยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ต่อกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดจากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองเบื้องต้นไปยังระหว่างเรียนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ถูกต้องผ่านการจัดการเรียนรู้ MCIS

1.2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

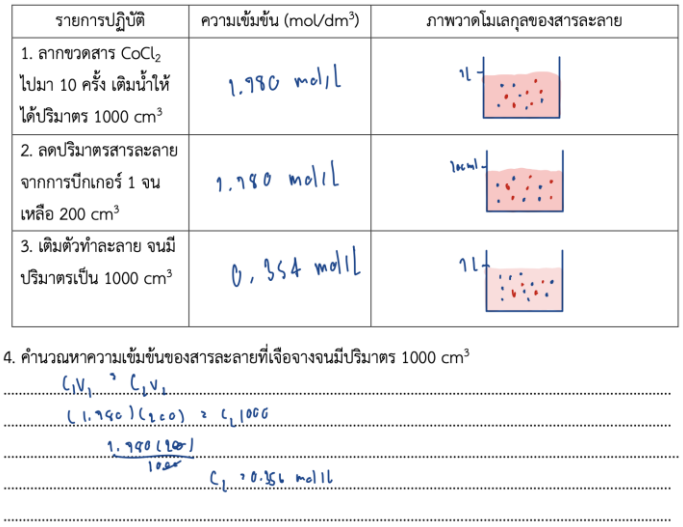
การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น เป็นเรื่องแนวคิดหลักคือ การเตรียมสารละลาย ซึ่งในการจัดกิจกรรมกาเรียนรู้นี้ครูผู้สอนได้สาธิตและตั้งคำถามเกี่ยวกับการเตรียมความเข้มข้นจากเจือจางจากสารละลาย $CoCl_2$ เข้มข้นที่ครอบคลุมเนื้อหาย่อยในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งดำเนินการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะให้นักเรียนบันทึกร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองในใบกิจกรรม ดังปรากฏในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (รายบุคคล)	

ภาพที่ 26 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S23

ตารางที่ 19 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ (รายกลุ่ม)	

รายการปฏิบัติ	ความเข้มข้น (mol/dm³)	ภาพวาดโมเลกุลของสารละลาย
1. ลากขวดสาร $CoCl_2$ ไปมา 10 ครั้ง เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1000 cm³	1.980 mol/L	1L
2. ลดปริมาตรสารละลายจากการบีกเกอร์ 1 จนเหลือ 200 cm³	1.980 mol/L	200ml
3. เติมตัวทำละลาย จนมีปริมาตรเป็น 1000 cm³	0.354 mol/L	1L

4. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่เจือจางจนมีปริมาตร 1000 cm³

$C_1V_1 = C_2V_2$

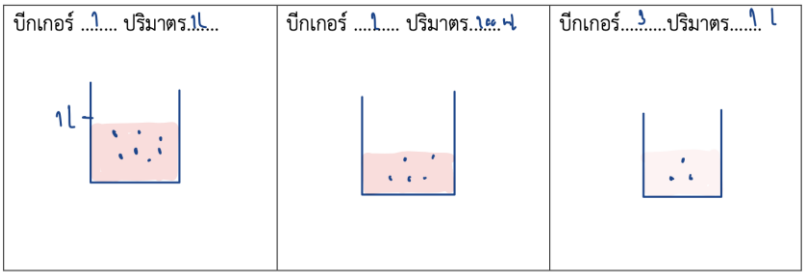
$(1.980)(200) = C_2(1000)$

$\frac{1.980(200)}{1000} = C_2$

$C_2 = 0.354$ mol/L

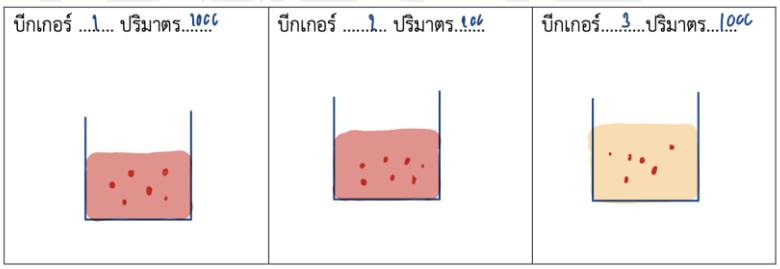
ภาพที่ 27 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 5

ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (รายบุคคล)



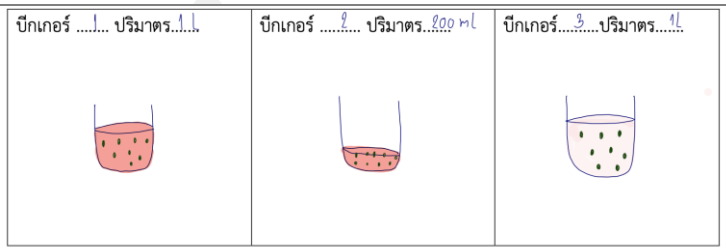
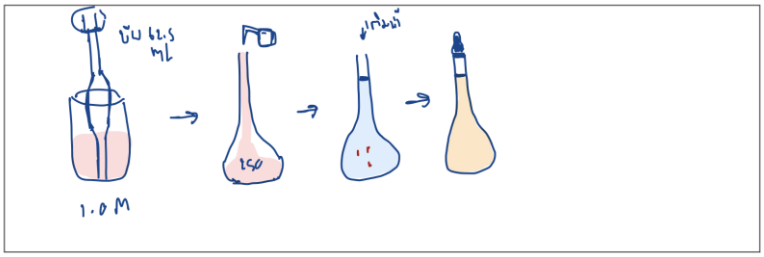
ภาพที่ 28 แบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงของนักเรียน S23

ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (รายกลุ่ม)



ภาพที่ 29 แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 5

ตารางที่ 19 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ชั้นเรียน)	 **ภาพที่ 30** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน
ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (รายบุคคล)	7. หากครูต้องการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.25 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3 จากสารละลาย NaCl เข้มข้น 1.0 mol/dm^3 จะต้องปิเปตต์สารละลาย NaCl เข้มข้น 1.0 mol/dm^3 มากี่ cm^3 จงวาดภาพเพื่ออธิบายสารละลายนี้ และแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณของสาร NaCl  $C_1V_1 = C_2V_2$ $(1)(V_1) = (0.25)(250)$ $V_1 = (0.25)(250)$ $V_1 = 62.5\ mL$ **ภาพที่ 31** แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S23

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดระหว่างเรียนจากตารางที่ 19 แสดงภาพวาดแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S23 ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนในกลุ่มที่ 5 ดังภาพที่ 26 นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นเป็นการวาดภาพแบบจำลองตามที่ครูได้สาธิตในชั้นเรียน โดยแบ่งเป็น 3 บีกเกอร์ จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดบีกเกอร์ทั้ง 3 แตกต่างกัน ดูได้จากการลงสีที่ต่างกันตามสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จากการสาธิตของครูผู้สอน ซึ่งเป็นแบบจำลองทางความคิดในระดับมหภาคเท่านั้น ดังนั้นในแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียนยังเป็นภาพวาดที่บ่งบอกถึงสิ่งที่สังเกตได้แต่ยังไม่ลงลึกในระดับโมเลกุล

เมื่อพิจารณาขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งกระบวนการเรียนรู้นี้ครูผู้สอนให้นักเรียนช่วยกันทำการทดลองสื่อออนไลน์ เว็บไซต์ เช่นเดิมตามแผนที่ 3 https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_en.html

นักเรียนกลุ่มที่ 5 สามารถทำการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ปรากฏดังภาพที่ 27 โดยเป็นการเตรียมสารละลายเข้มข้น จากนั้นนำมาเจือจางและปรับปริมาตรให้สารละลายเป็น 1 ลิตรเท่าเดิม และได้สืบค้นเพิ่มเติมกับเพื่อนในกลุ่มถึงวิธีการคำนวณหาความเข้มข้นหลังจากเจือจางแล้ว จากนั้นครูให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง โดยการวาดอธิบายถึงสารละลายของการทดลองในสถานการณ์ทั้ง 3 ครั้ง จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดโมเลกุลของสารในสารละลาย ซึ่งมีทั้งสีแดงและสีน้ำเงิน จากนั้นครูผู้สอนจึงถามถึงโมเลกุลที่มีสีต่างกัน และนักเรียนอธิบายว่า

"โมเลกุลสีแดงแทนสาร $CoCl_2$ และโมเลกุลสีน้ำเงินแทนน้ำที่เป็นตัวทำละลาย"

และนักเรียนมีการระบายสีที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงไปของความเข้มข้นในแต่ละการทดลองรวมถึงการบอกปริมาตรของสารด้วย จากนั้นครูผู้สอนได้แนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นักเรียนได้ค้นคว้ามาสามารถเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ เป็นไปในทิศทางเดียวกับครูหรือไม่ อย่างไร หลังจากที่นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่ปรับปรุงเบื้องต้นของตนเองแล้วและนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้งดังภาพที่ 28

เมื่อพิจารณาการประเมินโดยเพื่อนภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของสมาชิกในกลุ่มว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ให้เป็นมติของกลุ่ม ดังภาพที่ 29 เป็นการวาดแบบจำลองตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยแบ่งออกเป็น 3 บีกเกอร์และจะเห็นว่านักเรียนสามารถวาดแบบจำลองที่เป็นตามความเข้มข้นที่ต่างไป กล่าวคือ ในบีกเกอร์ที่ 1 นักเรียนแสดงแบบจำลองของสารละลายในลักษณะโมเลกุลของสารละสีของสารละลาย เห็นว่ามีจำนวนโมเลกุลของสารเท่ากับแบบจำลองในบีกเกอร์ที่ 2 เนื่องจากว่าทั้งสองบีกเกอร์นี้มีความเข้มข้นเท่ากัน ดังนั้นในบีกเกอร์จึงมีจำนวนโมลของสารเท่ากัน ในทางกลับกันในบีกเกอร์ที่ 3 จะแสดงให้เห็นว่าสีของสารละลายและจำนวนโมลของสารต่างไป เนื่องจากมีความเข้มข้นที่เจืองจางลงจาก 2 บีกเกอร์แรก ดังนั้นนักเรียนกลุ่มที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เนื่องจากในภาพแบบจำลองนี้นักเรียนยังไม่ระบุให้แน่ชัดถึงสารละลายที่แสดงออกทางภาพวาด

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายความหมายของสารละลายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของกลุ่มว่าแบบจำลองทางความคิดยังไม่มีความถูกต้อง หรือสมบูรณ์ในส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร และได้ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากการอภิปรายระหว่างครูผู้สอนและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของห้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 29 จะเห็นว่าแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมีความสมบูรณ์มากขึ้น ชัดเจน ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาก

ขึ้น แต่ในขั้นตอนการเขียนอธิบายหรือเขียนระบุภาพแบบจำลองในมติของชั้นเรียนยังไม่ชัดเจน จึงทำให้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้ นักเรียนทั้งห้องยังมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพราะข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายให้แบบจำลองทางความคิดมีคามชัดเจนขึ้น และนักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นมติของห้อง และทำให้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีรายละเอียดมากขึ้น และแสดงถึงความเข้าใจในการเตรียมสารละลายเจืองจางจากสารละลายเข้มข้นมากขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

เมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองที่เป็นมติของห้องไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 31 เป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน S23 ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากกิจกรรมในชั้นเรียน จากภาพจะแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น โดยนักเรียนได้รับการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองจากครูผู้สอนได้อย่างครบขั้นตอนและมีการนำแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนไปใช้ร่วมด้วย และยังสามารถคำนวณหาปริมาณของสาร NaCl ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นตามที่กำหนดตามสถานการณ์นั้นได้

สรุปได้ว่า นักเรียน S23 สามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยตนเองได้ และเมื่อมีกิจกรรมระหว่างเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ซึ่งมีการพัฒนาจากการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น หลังจากการตรวจสอบเชิงประจักษ์ และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหลังจากอภิปรายภายในกลุ่ม จนเมื่อได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างชั้นเรียนกับครูผู้สอน และนักเรียนยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ต่อกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดจากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองเบื้องต้นไปยังระหว่างเรียนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ถูกต้องผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

2. อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ท้ายการสอนครั้งที่ 2

อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนเป็นการให้ได้บันทึกเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองทางความคิด ความคิดเห็น ความรู้สึกและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่ผู้วิจัยจะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการประเมินและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน สามารถสรุปได้เป็น 3 องค์ประกอบดังนี้

2.1 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน นักเรียนเข้าใจเรื่องการเตรียมสารละลายมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับโมเลกุล เนื่องจากมีการวาดแบบจำลองให้เข้าใจของสารละลาย และได้ลองจับเครื่องแก้วเมื่อครูผู้สอนได้ให้ลองทำการสาธิต

"เข้าใจเพิ่มขึ้นถ้าเทสารแบ่งแต่ยังมีความเข้มข้นเท่าเดิมอยู่" อนุทินของนักเรียน S11 (17 ก.พ. 2565)

"อยากให้อาจารย์เอาสารละลายมาสาธิตให้ดูอีกค่ะ เดี๋ยวหนูไปช่วยถือ" อนุทินของนักเรียน S19 (17 ก.พ. 2565)

2.2 ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรม เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครั้งที่ 2 นี้เป็นการเรียนในชั้นเรียน นักเรียนจึงชอบเข้ากลุ่มแบบเห็นหน้ากันมากกว่า เพราะจะได้มองเห็นแบบจำลองของเพื่อนได้ชัดเจน และเวลาที่ใช้ในการเรียนค่อนข้างน้อยเพราะนักเรียนมาจากการเรียนวิชาอื่น ทำให้กิจกรรมเร่งไปบ้าง

"เรียนในห้องสนุกกว่าอีกอ่า ไม่ค่อยอยากเรียนออนไลน์ถ้าได้ทำงานกลุ่ม" อนุทินของนักเรียน S26 (17 ก.พ. 2565)

"กิจกรรมกำลังดีค่ะ แต่เวลาเร็วไปนิด" อนุทินของนักเรียน S19 (17 ก.พ. 2565)

2.3 ความคิดเห็นที่มีต่อสื่อการสอนที่ใช้ นักเรียนสนใจในสื่อออนไลน์ถึงแม้ว่าจะยังไม่ได้จับเครื่องมือจริงเนื่องจากมีเรื่องจำกัดด้านเวลา และอยากให้มีสื่ออื่น ๆ ที่มองได้ในระดับโมเลกุลจะสามารถเห็นภาพได้ชัดกว่า

"เว็บสวยอีกแล้วครับ มีสารให้เลือกเล่นเยอะระหว่างรอเพื่อน" อนุทินของนักเรียน S20 (17 ก.พ. 2565)

"ถ้าให้ดีอยากให้มีระดับโมเลกุลเลยค่ะ ขี้เกียจวาดรูปเอง" อนุทินของนักเรียน S3 (17 ก.พ 2565)

3. ผลการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

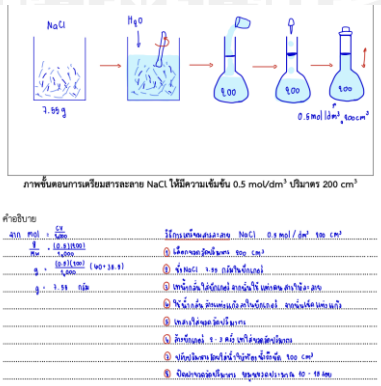
การศึกษารูปแบบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด แนวคิดหลักเรื่องการเตรียมสารละลาย จำนวน 2 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดโดย ให้นักเรียนวาดภาพพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบเพื่อแสดงแบบจำลองทางความคิด จากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบ โดยพิจารณาทั้งภาพและคำอธิบายร่วมกันอย่างละเอียด จากนั้นผู้วิจัยรายงานข้อมูลในรูปของร้อยละเพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีรูปแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มต่าง ๆ ปรากฏดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีรูปแบบแบบจำลองทางความคิดแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของความเข้มข้นของสารละลายหลังการสอนครั้งที่ 2

แนวคิดย่อยเรื่องสารละลาย	**จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=33)**					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์	11 (33.33)	15 (45.45)	4 (12.12)	2 (6.06)	1 (3.03)	0 (0.00)
การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	15 (45.45)	10 (30.30)	4 (12.12)	3 (9.09)	1 (3.03)	0 (0.00)
ร้อยละเฉลี่ยของนักเรียนการสอนครั้งที่ 2	39.39	37.88	12.12	7.58	3.03	0.00

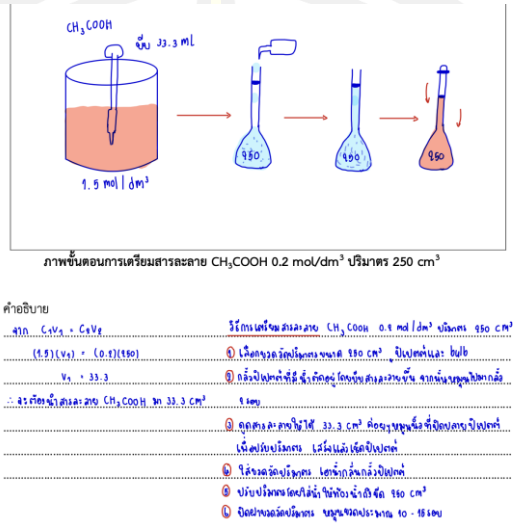
หมายเหตุ : CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากตารางที่ 20 พบว่า ในการสอบท้ายการสอนครั้งที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 39.39 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 37.88 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) และ นักเรียนร้อยละ 12.12 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนร้อยละ 7.58 ที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนร้อยละ 3.03 แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด มีตัวอย่างคำตอบนักเรียนดังนี้



ภาพที่ 32 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 2 ข้อที่ 1

จากภาพที่ 32 เป็นคำตอบของนักเรียน S8 ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เนื่องจากคำตอบของนักเรียนประกอบด้วยภาพวาดที่เป็นแบบจำลองของขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้ถูกต้องตามกระบวนการอย่างครบถ้วนและสามารถเขียนอธิบายได้เข้าใจและลงรายละเอียดในขั้นตอนที่สำคัญได้ถูกต้อง



ภาพขั้นตอนการเตรียมสารละลาย CH_3COOH 0.2 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3

ภาพที่ 33 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 2 ข้อที่ 2

จากภาพที่ 33 เป็นคำตอบของนักเรียน S8 ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดลำดับขั้นการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้นได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง อีกทั้งยังเขียนอธิบายขั้นการเตรียมได้อย่างละเอียด และยังสามารถคำนวณหาปริมาณของสารที่จะใช้ในการเตรียมสารละลายอีกด้วย

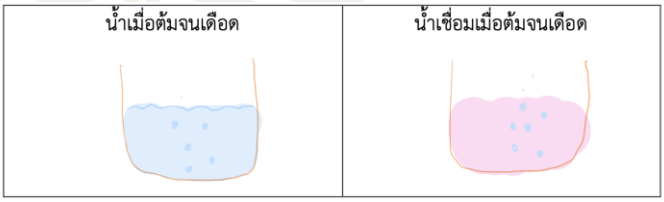
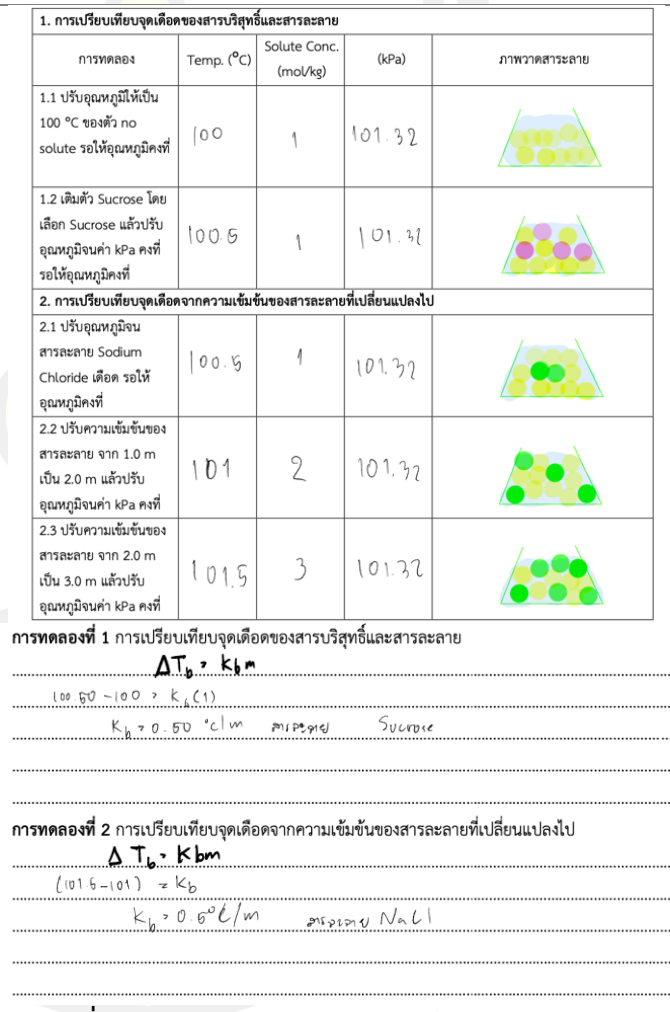
การสอนครั้งที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-6

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

1.1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่องสมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย เป็นเรื่องแนวคิดหลักคือ สมบัติของสารละลาย ซึ่งในการจัดกิจกรรมกาเรียนรู้นี้ถามเกี่ยวกับสารบริสุทธิ์และสารละลายมีจุดเดือดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยครูผู้สอนยกตัวอย่างน้ำและน้ำเชื่อม ที่ครอบคลุมเนื้อหาย่อยในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งดำเนินการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะให้นักเรียนบันทึกร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองในใบกิจกรรม ดังปรากฏในตารางที่ 21

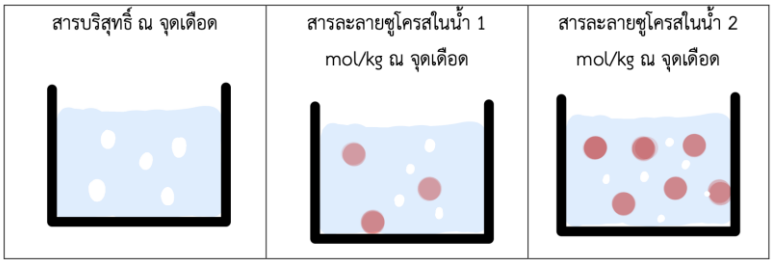
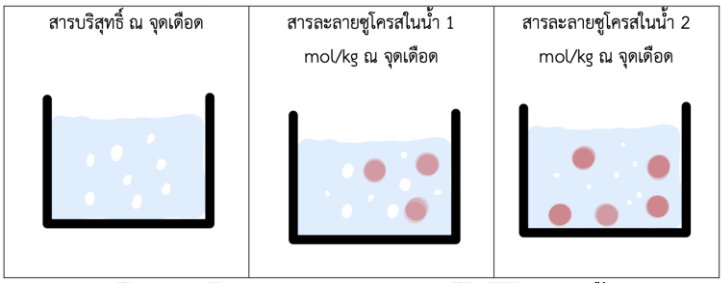
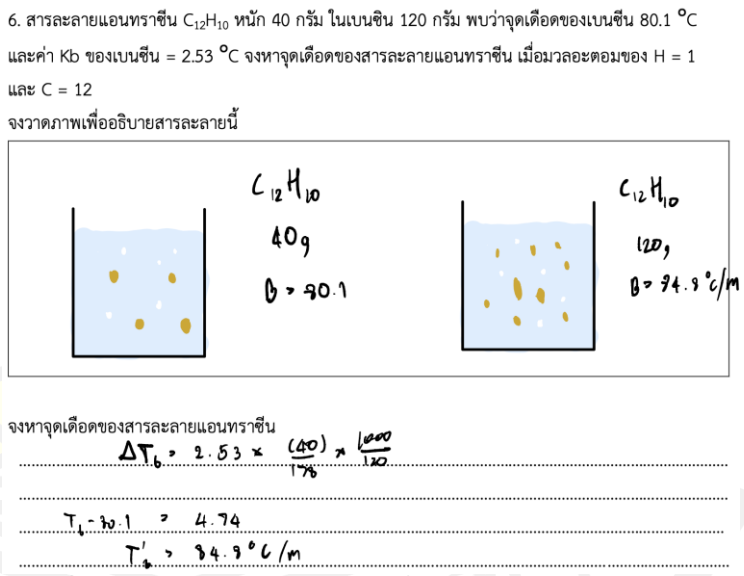
ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องสมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (รายบุคคล)	
ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ (รายกลุ่ม) และ ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (รายบุคคล) คอลัมน์ขวา	

ภาพที่ 34 แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S24

ภาพที่ 35 การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 2

ตารางที่ 21 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	ภาพกิจกรรม
ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (รายกลุ่ม)	 **ภาพที่ 36** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 2
ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ชั้นเรียน)	 **ภาพที่ 37** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน
ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (รายบุคคล)	 **ภาพที่ 38** แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S24

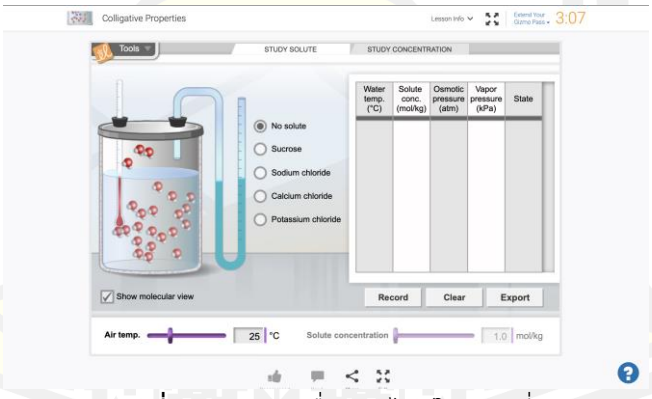
เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดระหว่างเรียนจากตารางที่ 21 แสดงภาพวาดแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S24 ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนในกลุ่มที่ 2 ดังภาพที่ 34 นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นเป็นการวาดภาพแบบจำลองตามที่ครูผู้สอนได้ยกตัวอย่างสารละลายและสารบริสุทธิ์ โดยที่สารบริสุทธิ์คือน้ำ และสารละลายคือน้ำเชื่อม โดยให้

นักเรียนเปรียบเทียบจุดเดือดระหว่างน้ำและน้ำเชื่อมและให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมา จะเห็นว่านักเรียนมีการวาดแบบจำลองที่เป็นลักษณะคล้ายโมเลกุลของสารบริสุทธิ์คือน้ำละจุดที่เล็ก ๆ ลอยเหนือของเหลว นั่นคือเป็นการบ่งบอกถึงการเดือดของสาร ในทางเดียวกันน้ำเชื่อมที่มีสีชมพูก็มีโมเลกุลสีฟ้า และมีจุดเล็ก ๆ อยู่เหนือของเหลวเช่นกัน โดยครูถามนักเรียนเกี่ยวกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น นักเรียนให้อธิบายว่า

"น้ำที่เดือดจะมีฟองอากาศใต้น้ำแสดงเป็นจุด เมื่อเดือดจะเกิดไอน้ำอยู่เหนือของเหลวจะเป็นจุดเล็กครับ น้ำเชื่อมก็มีฟองและมีไอน้ำเหมือนกันครับ" นักเรียน S24 ขณะทำกิจกรรมในห้องเรียน (23 ก.พ. 2565)

จากการวิเคราะห์วาดภาพแบบจำลองเบื้องต้นและอธิบายเหตุผลประกอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เนื่องจากการให้เหตุผลหรือการอธิบายยังไม่ครอบคลุมถึงหลักการเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย

เมื่อพิจารณาขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มกระบวนการเรียนรู้นี้ครูผู้สอนให้นักเรียนช่วยกันทำการทดลองสื่อออนไลน์ เว็บไซต์ ดังภาพที่ 39 https://gizmos.explorelearning.com/index.cfm?method=cResource.dspView&ResourceID=511



ภาพที่ 39 ตัวอย่างสื่อออนไลน์ในแผนที่ 5

ซึ่งเป็นการทดลองการหาจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลายได้ โดยครูผู้สอนให้นักเรียนรายกลุ่มร่วมกันทำการทดลองตามใบกิจกรรมจากนั้นบันทึกไว้เป็นร่องรอย ปรากฏดังภาพที่ 35 โดยเป็นการตรวจวัดอุณภูมิของสารละลายที่แตกต่างกัน เริ่มจากสถานการณ์ที่ 1 เปรียบเทียบจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย โดยกำหนดให้สารบริสุทธิ์คือน้ำ และสารละลายคือซูโครส และในสถานการณ์ที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารละลายจากความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการใช้สารละลายเป็น NaCl รวมทั้งสิ้น 3 ความเข้มข้น และได้สืบค้นเพิ่มเติมกับเพื่อนในกลุ่มถึงสูตรที่ใช้ในการคำนวณเพื่อใช้ในการหาค่าคงที่ของจุดเดือด จากนั้นครูให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลอง

เบื้องต้นของตนเอง จะเห็นว่ามีการวาดภาพแบบจำลองในระดับโมเลกุลแตกต่างกันที่สีของโมเลกุล และนักเรียนสามารถวาดให้เห็นถึงปริมาณของสารที่เพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ ยิ่งสารมีความเข้มข้นมากจะเห็นว่าโมเลกุลสีเขียวจะมากขึ้นในบีกเกอร์ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุความหมายของแต่ละโมเลกุลในแบบจำลองของตนได้ จากภาพที่ 35 (คอลัมน์ขวา) นักเรียนยังมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)

เมื่อพิจารณาการประเมินโดยเพื่อนภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของสมาชิกในกลุ่มว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ให้เป็นมติของกลุ่ม ดังภาพที่ 36 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบจากสถานการณ์ที่ครูผู้สอนได้แนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองนี้ได้ให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองทางความคิดเป็นแบบกลุ่มร่วมกัน นักเรียนกลุ่มที่ 2 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับมหภาคและจุลภาค กล่าวคือในแบบจำลองของสารบริสุทธิ์ ณ จุดเดือดนักเรียนวาดน้ำและฟองอากาศสื่อให้รู้ว่าเป็นสารบริสุทธิ์ ณ จุดเดือด ภาพที่ 2 คือการวาดสารละลายซูโครสในน้ำที่ความเข้มข้น 1 โมแลล ณ จุดเดือด โดยนักเรียนแสดงให้เห็นว่ามีโมเลกุลของซูโครสเพิ่มมา และภาพที่ 3 เป็นสารละลายซูโครสในน้ำที่ความเข้มข้น 2 โมแลล ณ จุดเดือด โดยนักเรียนอธิบายเพิ่มเติมว่า

"ที่สารละลายซูโครสเป็นสีแดงและมีขนาดใหญ่เนื่องจากโมเลกุลของซูโครสนั้นใหญ่กว่าโมเลกุลของน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองของซูโครสที่มีความเข้มข้น 1 โมแลล และ 2 โมแลล จะเห็นว่าภาพที่ 3 มีจำนวนโมเลกุลของซูโครสเป็น 2 เท่าของภาพที่ 2" นักเรียนกลุ่มที่ 2 ขณะทำกิจกรรม (23 ก.พ. 2565)

และจากการวิเคราะห์ภาพวาดแบบจำลองและการอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่ 2 นักเรียนกลุ่มนี้มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์ (CMM)

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายความหมายของสารละลายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของกลุ่มว่าแบบจำลองทางความคิดยังไม่มีความถูกต้อง หรือสมบูรณ์ในส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร และได้ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากการอภิปรายระหว่างครูผู้สอนและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของห้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 37 จะเห็นว่าแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมีความสมบูรณ์มากขึ้น ชัดเจน ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่นักเรียนยังคงไม่ระบุความหมายของโมเลกุลให้ชัดเจน จึงทำให้ในการจัดการเรียนรู้แผนที่ 5

นักเรียนชั้นนี้ยังคงมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพราะข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายให้แบบจำลองทางความคิดมีความชัดเจนขึ้น และนักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นมติของห้อง และทำให้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีรายละเอียดมากขึ้นและแสดงถึงความเข้าใจในการเตรียมสารละลายเจืองจางจากสารละลายเข้มข้นมากขึ้นผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

เมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองที่เป็นมติของห้องไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 38 เป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน S24 ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากกิจกรรมในชั้นเรียน จากภาพจะเห็นว่านักเรียนนำแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมาใช้อธิบายสารละลายแอนทราซีน ณ จุดเดือด โดยมีความเข้มข้นที่ต่างกัน สังเกตจากแบบจำลองสารละลายแอนทราซีน 40 กรัม แสดงให้เห็นโมเลกุลแอนทราซีนที่มีปริมาณน้อยกว่าสารละลายแอนทราซีน 120 กรัม จากนั้นนักเรียนสามารถนำข้อมูลมาใช้และคำนวณหาอุณหภูมิที่โจทย์ต้องการได้

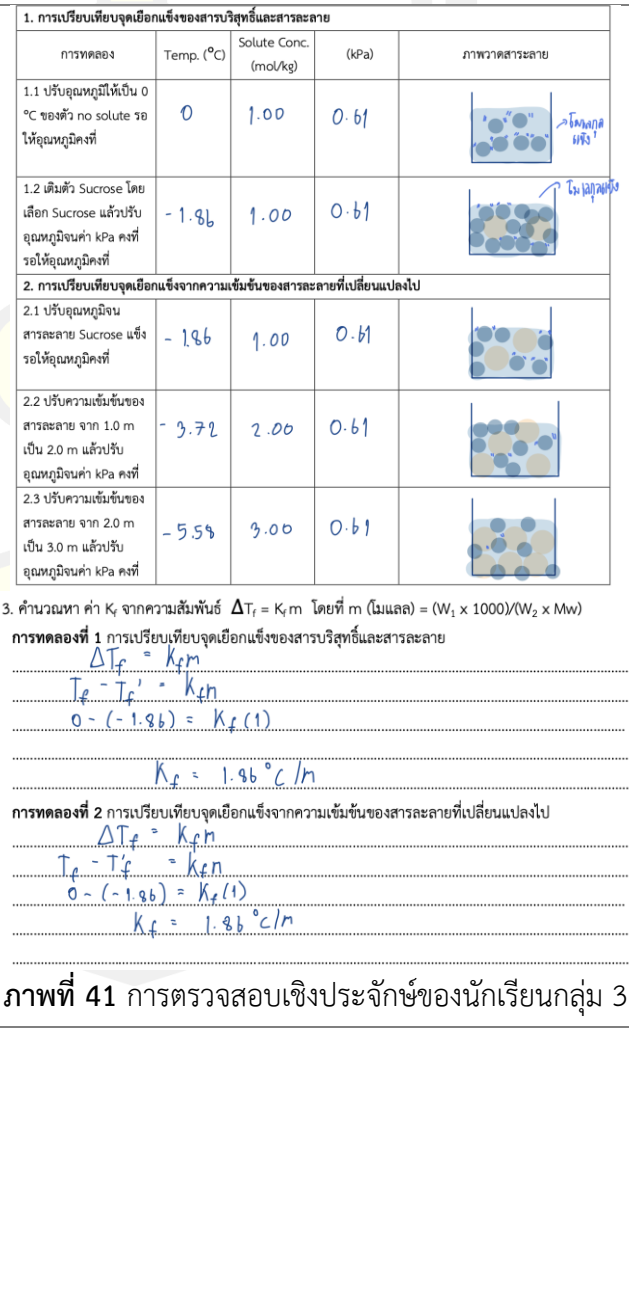
สรุปได้ว่า นักเรียน S24 สามารถการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยตนเองได้ตามที่ตนเองเข้าใจในระดับมหภาคและจุลภาค และเมื่อมีกิจกรรมระหว่างเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ซึ่งมีการพัฒนาจากการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นหลังจากการตรวจสอบเชิงประจักษ์ และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหลังจากอภิปรายภายในกลุ่มจนเมื่อได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างชั้นเรียนกับครูผู้สอน และนักเรียนยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ต่อกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดจากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองเบื้องต้นไปยังระหว่างเรียนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ถูกต้องผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

1.2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย เป็นเรื่องแนวคิดหลักคือ สมบัติของสารละลาย ซึ่งในการจัดกิจกรรมกาเรียนรู้นี้ครูผู้สอนได้มีการยกตัวอย่างสารบริสุทธิ์และสารละลายเพื่อศึกษาสมบัติ ณ จุดเยือกแข็ง โดยสารบริสุทธิ์กำหนดให้เป็น น้ำ และสารละลายคือน้ำเชื่อม เช่นเดิม โดยใช้การตั้งคำถามร่วมเพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเกิดการคิดก่อนที่จะสร้างแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้

MCIS ซึ่งดำเนินการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะให้นักเรียนบันทึกร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองในใบกิจกรรม ดังปรากฏในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดผ่านการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยเรื่องสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (รายบุคคล)	**ภาพที่ 40** แบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S7
ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ (รายกลุ่ม) และ ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (รายบุคคล) คอลัมน์ขวา	 **ภาพที่ 41** การตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียนกลุ่ม 3

1. การเปรียบเทียบจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์และสารละลาย

การทดลอง	Temp. (°C)	Solute Conc. (mol/kg)	(kPa)	ภาพวาดสารละลาย
1.1 ปรับอุณหภูมิให้เป็น 0 °C ของตัว no solute รอให้อุณหภูมิคงที่	0	1.00	0.61	โมเลกุลผสม
1.2 เติมตัว Sucrose โดยเลือก Sucrose แล้วปรับอุณหภูมิจนค่า kPa คงที่ รอให้อุณหภูมิคงที่	-1.86	1.00	0.61	โมเลกุลผสม
2. การเปรียบเทียบจุดเยือกแข็งจากความเข้มข้นของสารละลายที่เปลี่ยนแปลงไป				
2.1 ปรับอุณหภูมิจนสารละลาย Sucrose แข็ง รอให้อุณหภูมิคงที่	-1.86	1.00	0.61	
2.2 ปรับความเข้มข้นของสารละลาย จาก 1.0 m เป็น 2.0 m แล้วปรับอุณหภูมิจนค่า kPa คงที่	-3.72	2.00	0.61	
2.3 ปรับความเข้มข้นของสารละลาย จาก 2.0 m เป็น 3.0 m แล้วปรับอุณหภูมิจนค่า kPa คงที่	-5.58	3.00	0.61	

3. คำนวณหา ค่า K_f จากความสัมพันธ์ $\Delta T_f = K_f m$ โดยที่ m (โมแลล) = $(W_1 \times 1000)/(W_2 \times Mw)$

การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์และสารละลาย

$\Delta T_f = K_f m$

$T_f - T_f' = K_f m$

$0 - (-1.86) = K_f (1)$

$K_f = 1.86\ ^\circ C/m$

การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบจุดเยือกแข็งจากความเข้มข้นของสารละลายที่เปลี่ยนแปลงไป

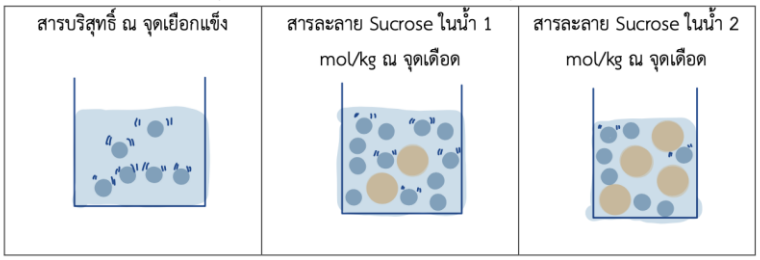
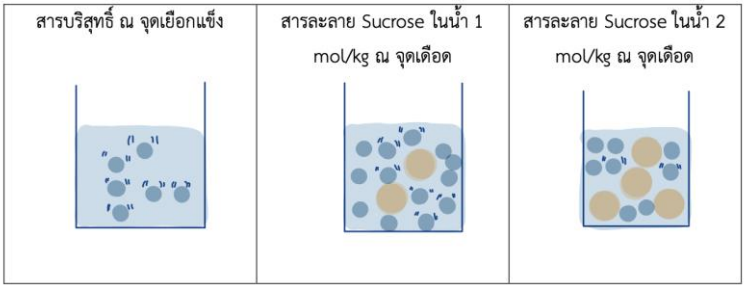
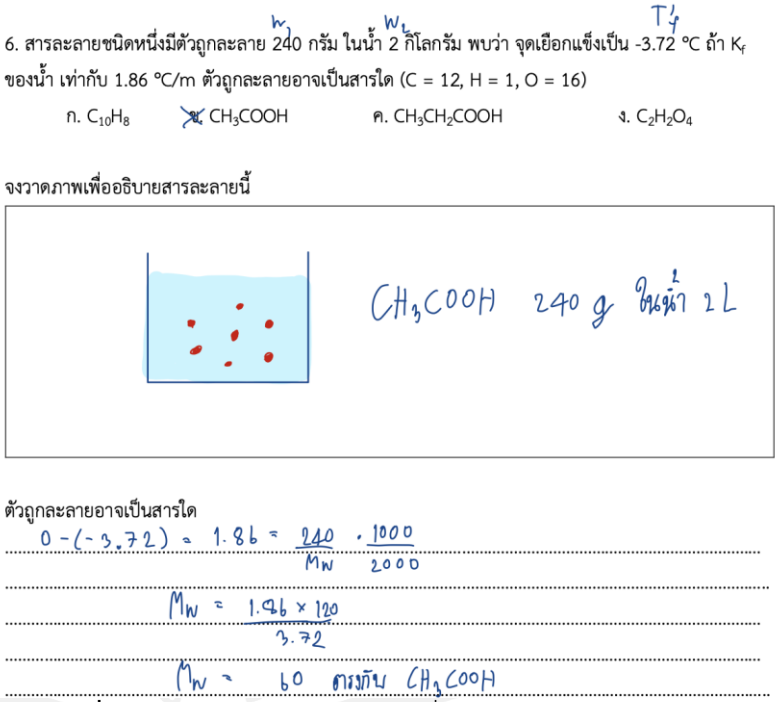
$\Delta T_f = K_f m$

$T_f - T_f' = K_f m$

$0 - (-1.86) = K_f (1)$

$K_f = 1.86\ ^\circ C/m$

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้	**ภาพกิจกรรม**
ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (รายกลุ่ม)	 **ภาพที่ 42** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นของกลุ่ม 3
ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ชั้นเรียน)	 **ภาพที่ 43** แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน
ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (รายบุคคล)	 **ภาพที่ 44** แบบจำลองทางความคิดที่ใช้มาทำนายของนักเรียน S7

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดระหว่างเรียนจากตารางที่ 22 แสดงภาพวาดแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียน S7 ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนในกลุ่มที่ 3 ดังภาพที่ 40

นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้น โดยครูผู้สอนกำหนดให้สร้างแบบจำลองคือน้ำแข็งและน้ำเชื่อมเพื่อเป็นการตรวจว่านักเรียนมีรูปแบบแบบจำลองเบื้องต้นแบบใด จะเห็นว่านักเรียนวาดแบบจำลองน้ำแข็งโดยมีโมเลกุลของน้ำอยู่ภายในและแบบจำลองน้ำเชื่อมโดยมีโมเลกุลน้ำเชื่อมเลย ซึ่งไม่ถูกต้องเนื่องจากน้ำเชื่อมเป็นสารละลายควรจะมีทั้งโมเลกุลที่เป็นตัวถูกละลายและตัวทำละลาย ดังนั้นในแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นของนักเรียนจึงเป็นแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (CFMM)

เมื่อพิจารณาขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งกระบวนการเรียนรู้นี้ครูผู้สอนให้นักเรียนช่วยกันทำการทดลองสื่อออนไลน์ เช่นเดิมตามแผนที่ 5 นักเรียนกลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นการทดลองการหาจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์และสารละลาย โดยครูผู้สอนให้นักเรียนรวมกลุ่มร่วมกันทำการทดลองตามใบกิจกรรมจากนั้นบันทึกไว้เป็นร่องรอย ปรากฏดังภาพที่ 41 โดยเป็นการตรวจวัดอุณภูมิ ณ จุดเยือกแข็งของสารละลายที่ เริ่มจากสถานการณ์ที่ 1 เปรียบเทียบจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย โดยกำหนดให้สารบริสุทธิ์คือน้ำ และสารละลายคือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และในสถานการณ์ที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารละลายจากความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการใช้สารละลายเป็น NaCl เช่นเดิม รวมเป็นความเข้มข้น 3 ระดับ และได้สืบค้นเพิ่มเติมกับเพื่อนในกลุ่มถึงสูตรที่ใช้ในการคำนวณเพื่อใช้ในการหาค่าคงที่ของจุดเยือกแข็ง จากนั้นครูให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง จะเห็นว่ามีการวาดภาพแบบจำลองในระดับโมเลกุลโดยนักเรียนสามารถแยกได้ว่าแบบจำลองของสารบริสุทธิ์จะมีเฉพาะโมเลกุลของสารบริสุทธิ์เท่านั้น ส่วนแบบจำลองของสารละลายจะมีทั้งตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ซึ่งจะมีสีและลักษณพที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน อีกทั้งนักเรียนสามารถวาดแบบจำลองให้เห็นถึงปริมาณของสารที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ยิ่งสารมีความเข้มข้นมากจะเห็นว่าโมเลกุลสีเขียวจะมากขึ้นในบีกเกอร์ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสารละลายและความเข้มข้นของสารละลาย และนักเรียนยังแสดงสัญลักษณ์และกำหนดว่าโมเลกุลของตัวทำละลายมีการแข็งตัวเมื่อถึงจุดเยือกแข็ง ดังปรากฏในภาพที่ 41 (คอลัมน์ขวา) นักเรียนยังมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM)

เมื่อพิจารณาการประเมินโดยเพื่อนภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของสมาชิกในกลุ่มว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ให้เป็นมติของกลุ่ม ดังภาพที่ 42 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบจากสถานการณ์ที่ครูผู้สอนได้แนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองนี้ได้ให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองทางความคิดเป็นแบบกลุ่มร่วมกัน นักเรียนกลุ่มที่ 3 แสดงแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับมหภาคและจุลภาค กล่าวคือใน ภาพที่ 1 แบบจำลองของสารบริสุทธิ์ ณ จุดเยือกแข็ง นักเรียนแสดงภาพวาดให้เห็นชัดเจนว่าโมเลกุลของสารบริสุทธิ์มีการสั่นหรือแข็งขึ้น ภาพที่ 2 วาดสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้น 1 โมแลล ณ จุดเยือก

แข็งและยังคงให้โมเลกุลของตัวทำละลายมีการสั่นหรือแข็งตัวอยู่กับที่ และในภาพที่ 3 เป็นสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้น 2 โมแลล ณ จุดเยือกแข็ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีโมเลกุลสีส้มเพิ่มขึ้นมาเป็น 2 เท่าของตัวเดิม ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของนักเรียน ดังนี้

"โมเลกุลของตัวทำละลายคือน้ำที่กำลังสั่นหรือแข็งตัวอยู่กับที่ และเมื่อเป็นสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะดูจากโมเลกุลของซูโครสที่เปลี่ยนไป" นักเรียนกลุ่มที่ 3 ขณะทำกิจกรรม (24 ก.พ. 2565) และจากการวิเคราะห์ภาพวาดแบบจำลองและการอธิบายของนักเรียนกลุ่มที่ 2 นักเรียนกลุ่มนี้มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์ (CMM)

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียน จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายความหมายของสารละลายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของกลุ่มว่าแบบจำลองทางความคิดยังไม่มีความถูกต้อง หรือสมบูรณ์ในส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร และได้ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากการอภิปรายระหว่างครูผู้สอนและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียน ทำให้แบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของห้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 43 จะเห็นว่าแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมีความสมบูรณ์มากขึ้น ชัดเจน ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทำให้ในการจัดการเรียนรู้แผนที่ 6 นักเรียนชั้นนี้มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพราะข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายให้แบบจำลองทางความคิดมีความชัดเจนขึ้น และนักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันในกลุ่มและในชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นมติของห้อง และทำให้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีรายละเอียดมากขึ้น และแสดงถึงความเข้าใจในการเตรียมสารละลายเจืองจางจากสารละลายเข้มข้นมากขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

เมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองที่เป็นมติของห้องไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 44 เป็นการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน S7 ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากกิจกรรมในชั้นเรียน จากภาพจะเห็นว่านักเรียนนำแบบจำลองทางความคิดที่เป็นมติของชั้นเรียนมาใช้อธิบายสารละลายชนิดหนึ่งที่ต้องการทราบว่าเป็นชนิดใดและสามารถหาได้โดยการคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปและค่าคงที่จุดเยือกแข็งและความเข้มข้นของสารละลายได้

สรุปได้ว่า นักเรียน S7 สามารถการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยตนเองได้ตามที่ตนเองเข้าใจในระดับมหภาคและจุลภาคซึ่งมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และเมื่อมี

กิจกรรมระหว่างเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ซึ่งมีการพัฒนาจากการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น หลังจากการตรวจสอบเชิงประจักษ์ และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหลังจากอภิปรายภายในกลุ่ม จนเมื่อได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างชั้นเรียนกับครูผู้สอน และนักเรียนยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ต่อกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดจากการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองเบื้องต้นไปยังระหว่างเรียนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ถูกต้องผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

2. อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ท้ายการสอนครั้งที่ 3

อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนเป็นการให้ได้บันทึกเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองทางความคิด ความคิดเห็น ความรู้สึกและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่ผู้วิจัยจะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการประเมินและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป จากการวิเคราะห์อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน สามารถสรุปได้เป็น 3 องค์ประกอบดังนี้

2.1 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน เข้าใจสมบัติของสารละลายมากขึ้นโดยเฉพาะมีการแสดงแบบจำลองในระดับโมเลกุลอธิบาย ณ จุดเดือดและจุดเยือกแข็ง และสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

"เข้าใจขึ้นมากและรู้ว่าสารบริสุทธิ์และสารละลายมีจุดเดือดกับจุดเยือกแข็งไม่เหมือนกัน" อนุทินของนักเรียน S2 (24 ก.พ. 2565)

"เวลาแช่ปีโป้หรือไอติมคงจะต้องใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าน้ำแข็งมาก" อนุทินของนักเรียน S15 (24 ก.พ. 2565)

2.2 ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรม เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครั้งที่ 3 นี้เป็นการเรียนออนไลน์ผ่านแอพลิเคชั่น Microsoft team นักเรียนจึงให้ความร่วมมือเข้าเรียนกันตรงเวลาเนื่องจากจะไม่ได้มีการเดินระหว่างเปลี่ยนคาบ แต่ในการจัดกิจกรรมกลุ่มแบบได้ทำอะไรร่วมกันก็ยังอยากเรียนแบบในชั้นเรียนมากกว่า

"เวลากำลังดีค่ะ" อนุทินของนักเรียน S4 (24 ก.พ. 2565)

"อยากเรียนแบบออนไซต์อ่าอาจารย์" อนุทินของนักเรียน S9 (24 ก.พ. 2565)

2.3 ความคิดเห็นที่มีต่อสื่อการสอนที่ใช้ นักเรียนให้ความสนใจอย่างมากถึงแม้ว่าในช่วงการใช้สื่อออนไลน์ครั้งแรกจะยังไม่เข้าใจนัก จึงต้องมีการสาธิตจากครูผู้สอน เนื่องจากเป็นสื่อที่ต่างจากการสอนครั้งที่แล้วจึงทำให้ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้เกี่ยวกับสื่อเพิ่มเติม

"เปิดมาตอนแรกงงค่ะ ดีที่อาจารย์พาทำก่อน" อนุทินของนักเรียน S28 (24 ก.พ. 2565)

"มีระดับโมเลกุลเข้าใจขึ้นเยอะเลย ชอบค่ะ" อนุทินของนักเรียน S15 (24 ก.พ 2565)

3. ผลการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

การศึกษารูปแบบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด แนวคิดหลักเรื่องการสมบัติของสารละลาย จำนวน 2 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดโดย ให้นักเรียนวาดภาพพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบเพื่อแสดงแบบจำลองทางความคิด จากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบโดยพิจารณาทั้งภาพและคำอธิบายร่วมกันอย่างละเอียด จากนั้นผู้วิจัยรายงานข้อมูลในรูปของร้อยละเพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีรูปแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มต่าง ๆ ปรากฏดังตารางที่ 23

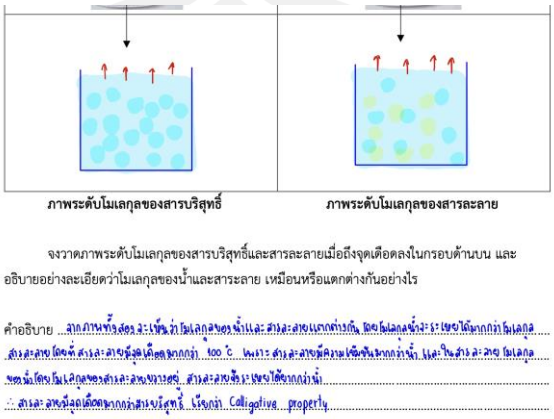
ตารางที่ 23 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีรูปแบบแบบจำลองทางความคิดแนวคิดย่อยเรื่องความหมายของความเข้มข้นของสารละลายหลังการสอนครั้งที่ 3

แนวคิดย่อยเรื่องสารละลาย	**จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=33)**					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย	17 (51.51)	4 (12.12)	6 (18.18)	3 (9.09)	3 (9.09)	0 (0.00)
สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย	16 (48.48)	8 (24.24)	6 (18.18)	3 (9.09)	0 (0.00)	0 (0.00)
ร้อยละเฉลี่ยของนักเรียนการสอนครั้งที่ 3	50.00	18.18	18.18	9.09	4.55	0.00

หมายเหตุ : CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

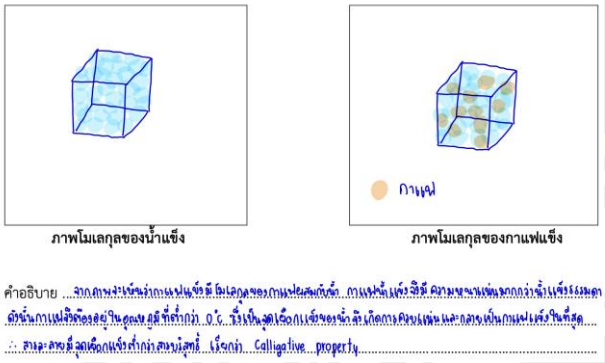
จากตารางที่ 23 พบว่า ในการสอบท้ายการสอนครั้งที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 50.00 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) รองลงมาคือนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) และ แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ระดับละ 18.18 เท่ากัน และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนร้อยละ 4.55 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) มีจำนวน และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลอง

ทางความคิด (NR) ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด มีตัวอย่างคำตอบนักเรียนดังนี้



ภาพที่ 45 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 3 ข้อที่ 1

จากภาพที่ 45 เป็นคำตอบของนักเรียน S8 ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เนื่องจากคำตอบของนักเรียนประกอบด้วยภาพวาดที่เป็นแบบจำลองของสารบริสุทธิ์และสารละลาย ณ จุดเดือดได้ถูกต้อง และสามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบแบบจำลองทางความคิดได้ถูกต้องและครบทุกประเด็น



ภาพที่ 46 ตัวอย่างการทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดท้ายการสอนครั้งที่ 3 ข้อที่ 2

จากภาพที่ 46 เป็นคำตอบของนักเรียน S8 ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) จะเห็นว่านักเรียนมีการแสดงแบบจำลองทางความคิดในรูปของสารบริสุทธิ์และสารละลาย ณ จุดเยือกแข็งได้ถูกต้อง อีกทั้งยังระบุให้ความหมายของโมเลกุลที่แสดงด้วยและยังสามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบแบบจำลองได้อย่างละเอียดและสมบูรณ์

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดทั้ง 3 ครั้งการสอน

ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลาย ซึ่งมีหัวข้อเดียวกับการใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายก่อนเรียนแต่ไม่ใช่ข้อสอบชุดเดียวกัน เพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดที่ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนอธิบายหรือบรรยายประกอบ จำนวน 2 ข้อในแต่ละครั้งการสอน ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้สอนทั้งหมด 3 ครั้ง รวมแบบวัดทั้งหมด 6 ข้อ ครอบคลุม 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ความหมายหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติของสารละลาย โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายหลังเรียนเมื่อจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ในแต่ละครั้งการสอน แบ่งเป็นการสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งเป็นช่วงในช่วงหลังกลางภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 (เดือนกุมภาพันธ์ 2565) เมื่อนำมาพิจารณาผลการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ในทั้ง 3 ครั้งการสอน ปรากฏดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน

แนวคิดย่อยเรื่อง สารละลาย	**จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=33)**					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน	8 (24.24)	10 (30.30)	11 (33.33)	4 (12.12)	0 (0.00)	0 (0.00)
ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	6 (18.18)	13 (39.39)	4 (12.12)	8 (24.24)	2 (6.06)	0 (0.00)
ร้อยละเฉลี่ยหลังการสอนครั้งที่ 1	21.21	34.84	22.73	18.18	3.03	0.00
การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์	11 (33.33)	15 (45.45)	4 (12.12)	2 (6.06)	1 (3.03)	0 (0.00)
การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	15 (45.45)	10 (30.30)	4 (12.12)	3 (9.09)	1 (3.03)	0 (0.00)
ร้อยละเฉลี่ยหลังการสอนครั้งที่ 2	39.39	37.88	12.12	7.58	3.03	0.00
สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย	17 (51.51)	4 (12.12)	6 (18.18)	3 (9.09)	3 (9.09)	0 (0.00)
สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย	16 (48.48)	8 (24.24)	6 (18.18)	3 (9.09)	0 (0.00)	0 (0.00)
ร้อยละเฉลี่ยหลังการสอนครั้งที่ 3	50.00	18.18	18.18	9.09	4.55	0.00

จากตารางที่ 24 แสดงให้เห็นว่าหลังการสอนครั้งที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 34.84 มีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เมื่อพิจารณาการสอนครั้งที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 39.39 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) และหลังการสอนครั้งที่ 3 มีนักเรียนนร้อยละ 50.00 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากการสอนครั้งที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นแนวคิดย่อยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS โดยเฉพาะในแนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น (ร้อยละ 45.45) สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย (ร้อยละ 51.51) และสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย (ร้อยละ 48.48) และมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) แบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ลดลง และจากผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายหลังเรียนทั้ง 3 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ช่วยให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ครั้งการสอน หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ เป็นดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายของการวิจัย ได้ดังนี้

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ในการสอนครั้งที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 34.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 22.73 ซึ่งมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) และนักเรียนร้อยละ 21.21 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) นักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และนักเรียนร้อยละ 3.03 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ในการสอนครั้งที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 39.39 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 37.88 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) นักเรียนร้อยละ 12.12 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนร้อยละ 7.58 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) นักเรียนร้อยละ 3.03 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) และในการสอนครั้งที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 50.00 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)

นักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนร้อยละ 9.09 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนร้อยละ 4.55 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR)

นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS โดยเฉพาะในแนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น (ร้อยละ 45.45) สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย (ร้อยละ 51.51) และสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย (ร้อยละ 48.48) และมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) แบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) แบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ลดลง

อภิปรายผล

จากการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS มีประเด็นที่นำมาอภิปราย ดังนี้

การสอนครั้งที่ 1 เป็นการสอนในชั้นเรียนออนไลน์ ผ่านแพลตฟอร์ม Microsoft team จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 34.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 22.73 ซึ่งมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) และนักเรียนร้อยละ 21.21 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) นักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และนักเรียนร้อยละ 3.03 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ซึ่งสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับผลก่อนเรียน ที่เป็นเช่นนี้เพราะเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างแบบจำลอง การใช้ การปรับปรุงและประเมินแบบจำลองของตนเอง รวมถึงการได้เรียนรู้จากการอภิปรายแลกเปลี่ยนแบบจำลองจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุ บุตรวิเศษ (2558) ที่ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ที่ได้ให้นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รู้จักยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและได้ทำกิจกรรมร่วมกันมากขึ้น จะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจและจดจำเนื้อหาได้ดี เมื่อแยกพิจารณา 2 แนวคิดย่อยของความหมายความเข้มข้นของสารละลาย ในแนวคิดย่อยเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

นักเรียนร้อยละ 33.3 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดแบบจำลองของสารละลายได้ถูกต้อง ซึ่งระบุว่าในสารละลายเบตาดีนมีตัวถูกละลายคือสารโพรวิโดนไอโอดีนจากภาพวาดของตนเองได้ อีกทั้งยังวาดในระดับจุลภาคคือแสดงเป็นรูปแบบโมเลกุล แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าจากความหมายของความเข้มข้นแล้วมีปริมาณตัวถูกละลายเท่าใดในสารละลายเท่าได้ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องมาจากนักเรียนยังไม่แน่ใจกับการตีความหมายของความเข้มข้นหรืออาจจะยังแปรความหมายผิดในเรื่องของสูตรหรือตัวเลข ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Calik (2005) ที่ได้ศึกษาแนวคิดของนักเรียนในระดับที่แตกต่างกันเกี่ยวกับวิชาเคมีเรื่องสารละลายซึ่งเกี่ยวกับการละลายน้ำตาลในน้ำ พบว่านักเรียนสามารถระบุตัวทำละลายคือน้ำและตัวถูกละลายคือน้ำตาลได้อย่างถูกต้องและเมื่อนักเรียนได้เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายนักเรียนอธิบายและให้เหตุผลยังไม่ถูกต้อง อีกทั้งนักเรียนมักเขียนสูตรและแทนตัวเลขเพื่อหาคำตอบแต่ยังไม่ถูกต้องเนื่องจากนักเรียนขาดความเข้าใจและที่มาของสูตรอย่างแท้จริง และในแนวคิดย่อยเรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล นักเรียนร้อยละ 39.39 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดแบบจำลองของสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการวาดในระดับโมเลกุลและยังสามารถอธิบายความหมายของความเข้มข้นของสารละลายที่กำหนดให้ โดยสามารถระบุได้ว่าตัวทำละลายคือน้ำแต่ยังระบุตัวถูกละลายได้ไม่ชัดเจน กล่าวคือในสารละลาย A และ B ที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ที่แตกต่างกัน นักเรียนอธิบายว่าในสารละลาย A มีตัวทำละลายคือน้ำ และมีสาร 0.2 โมลเป็นตัวถูกละลายแต่ไม่ระบุชนิดว่าเป็นตัวถูกละลายเป็นสารใด เช่นเดียวกับสารละลาย B ที่มีความเข้มข้นมากกว่านักเรียนสามารถระบุได้ว่าน้ำคือตัวทำละลาย แต่ตัวถูกละลายบอกเพียงความเข้มข้นในหน่วยโมลเท่านั้น ไม่ระบุให้ชัดเจนว่าคือสารใด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS เป็นการสอนที่เน้นการปฏิบัติการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้วาทกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ โดยต้องอาศัยการพูดหรือการเขียนที่เกี่ยวข้องกับระบบความคิดและการให้เหตุผลในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Baek et. al, 2010) แต่ยังพบว่านักเรียนยังไม่สามารถอธิบายและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิดที่ตนเองได้สร้างขึ้นได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลต่อระดับการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด โดยผู้วิจัยได้แก้ปัญหาด้วยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันหารือเกี่ยวกับข้อมูลที่ให้มาซึ่งจะนำมาสู่การปรับปรุงและตรวจสอบอยู่เสมอถึงความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายแบบจำลองของนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการสร้างความหมายได้ด้วยตัวของนักเรียนเองหรือ

ความรู้ถูกสร้างขึ้นในความคิดของนักเรียนที่เป็นผลมาจากกระบวนการสร้างและการถูกทดสอบอย่างต่อเนื่อง (Bodner et al., 2001 as cited in Hrepic, 2004: 7) แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) ร้อยละโดยรวมอยู่ถึง 21.21 เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมีการสร้างแบบจำลองไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุผลหรือคำอธิบายให้ตรงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ทั้งนี้การที่นักเรียนยังมีแบบจำลองทางความคิดแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) นั้นมีปัญหาในการเข้าใจเนื้อหาที่เรียนจึงส่งผลให้สร้างแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องและขาดการใช้เหตุผลในการอธิบายแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอนครั้งที่ 1 ไปปรับปรุงและพัฒนาในการสอนครั้งที่ 2

การสอนครั้งที่ 2 เป็นการสอนในชั้นเรียนออนไซต์ เมื่อได้ปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS จากการสอนครั้งที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 39.39 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 37.88 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) นักเรียนร้อยละ 12.12 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนร้อยละ 7.58 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนร้อยละ 3.03 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ซึ่งสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับผลหลังการสอนครั้งที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องมีการหารือการแลกเปลี่ยนความคิด และการร่วมกันทบทวนและปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นกลุ่มนักเรียนให้ช่วยกันตรวจสอบข้อมูลหรือแบบจำลองรวมถึงการใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายคำตอบของนักเรียนให้มีความสมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อแยกพิจารณา 2 แนวคิดย่อยของการเตรียมสารละลาย ในแนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.45 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) โดยนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับขั้นการเตรียมสารละลายได้ถูกต้องตามลำดับขั้นตอน แต่ยังขาดรายละเอียดที่สำคัญที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ได้โดยใช้การ flow chart คือมีลูกศรบอกแต่ละขั้นตอนแต่รายละเอียดจะบอกไม่ครบ เช่น การปิดจุดขวดวัดปริมาตรเพื่อทำการผสมสารละตัวทำละลายให้มีความเข้มข้นเท่ากันโดยการเขย่าขึ้นลง 10 ครั้ง ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการเตรียม

สารละลาย หรือการที่นำสารบริสุทธิ์มาปริมาณเท่ากับที่คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าใช้อุปกรณ์ใดในการชั่งสาร ซึ่งเป็นรายละเอียดที่สำคัญในการเตรียมสารละลาย แต่ในทางกลับกันนักเรียนยังสามารถเรียงขั้นตอนของการเตรียมสารละลายและยังสามารถวาดแบบจำลองทางความคิดของสารละลายอยู่ในระดับโมเลกุลได้ ส่วนในแนวคิดย่อยเรื่องการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.45 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนสามารถวาดแบบจำลองทางความคิดการเตรียมสารละลายในระดับโมเลกุลได้และยังสามารถอธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้นได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ที่เป็นเช่นนี้อาจมาจากเนื้อหาย่อยทั้ง 2 เรื่องจะมีขั้นตอนการเตรียมสารละลายที่แตกต่างกันเล็กน้อย โดยการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้นมีขั้นตอนการเตรียมที่มีความละเอียดน้อยกว่าการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ กล่าวคือ การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้นเป็นเพียงการเตรียมจากสารละลายที่เตรียมมาก่อนแล้วจึงทำให้ง่ายต่อการอธิบายกว่าขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ที่จะต้องเริ่มเตรียมตั้งแต่การคำนวณสารบริสุทธิ์ที่จะใช้จนถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ในการละลายซึ่งมีความเยอะในขั้นตอนการเตรียมมากกว่า จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกขั้นตอนการเตรียมในแนวคิดย่อยการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้นได้ถูกต้องและองค์ประกอบครบถ้วน ทั้งนี้ที่ผลแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังการสอนครั้งที่ 2 มากกว่าผลหลังการสอนครั้งที่ 1 เนื่องจากนักเรียนเริ่มได้ฝึกการสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยใช้กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้คุ้นชินกับการอธิบายโดยใช้แบบจำลองประกอบกับการให้เหตุผลโดยการเขียนอธิบาย เนื่องจากนักเรียนได้มีการพูดคุยสื่อสารกับเพื่อนร่วมชั้นและได้ร่วมกันตรวจสอบแบบจำลองจึงทำให้นักเรียนมีระดับแบบจำลองทางความคิดที่ดีขึ้น และสามารถนำแบบจำลองที่สร้างไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เจอได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert, Boulter, & Elmer (2000) ที่ได้กล่าวว่า การให้ความสำคัญกับบทบาทของการสื่อสารและการใช้ชีวิตทางสังคมในการสร้างความหมายและสติปัญญาเป็นอันดับแรก การสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาในรูปแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น นักเรียนมีการใช้แนวคิดเดิมเพื่อนำไปใช้ในการได้รับประสบการณ์เพื่อสร้างเป็นแนวความคิดใหม่และในทางเดียวกันก็สร้างความหมายจากประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ โกเมศ นาแจ้ง (2558) ที่ศึกษาได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS และเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS กับกลุ่มที่

เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบปกติ ได้พบว่า การปรับปรุงแบบจำลองหลาย ๆ ครั้ง ทำให้นักเรียนได้กลับมาทบทวนความรู้เดิมที่ได้รับจึงเกิดเป็นความเข้าใจที่ชัดเจนเพิ่มมากขึ้น และยังช่วยตรวจสอบมโนมติของตนเองที่ยังไม่สมบูรณ์ได้ และสอดคล้องกับทิศนา แขมณี (2557, หน้า 54) ที่กล่าวว่า การอภิปรายกลุ่มย่อยช่วยให้นักเรียนกลุ่มใหญ่มีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึงและเป็นวิธีสอนที่ช่วยให้นักเรียนและครูได้ข้อมูลและความคิดเห็นที่หลากหลาย ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) รวมร้อยละโดยเฉลี่ยอยู่ถึงร้อยละ 10.61 เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนไม่มีการสร้างแบบจำลองทางความคิดและไม่อธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลาย เพียงแต่มีการคำนวณหาปริมาณสารบริสุทธิ์ที่ใช้ในการเตรียมและคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเจือจางที่ต้องการเตรียมแต่ก็ยังไม่ถูกหลักการ เนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจที่มาของสมการหรือสูตรนั้น เพียงแต่สามารถจำได้แต่ไม่รู้จักการใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Niaz (1995) ที่กล่าวว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะพยายามเลือกใช้สูตรในการแก้โจทย์ปัญหา แต่เมื่อใช้สูตรก็ยังไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดหรือไม่มีแนวคิดในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stavy (1990) ที่กล่าวว่า นักเรียนบางส่วนมีความสับสนแนวคิดของตัวละลายและตัวทำละลาย ในแนวคิดเรื่องสถานะของสารละลายในสถานะเป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งแนวคิดที่สับสนจึงส่งผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน จึงส่งผลให้นักเรียนยังอยู่ในระดับแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) ผู้วิจัยจึงได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอนครั้งที่ 2 ไปปรับปรุงและพัฒนาในการสอนครั้งที่ 3

การสอนครั้งที่ 3 เป็นการสอนในชั้นเรียนออนไลน์ ผ่านแพลตฟอร์ม Microsoft team เมื่อได้ปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS จากการสอนครั้งที่ 2 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 50.00 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) รองลงมาคือ นักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) นักเรียนร้อยละ 18.18 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนร้อยละ 9.09 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนร้อยละ 4.55 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และยังไม่พบนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ซึ่งสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับผลหลังการสอนครั้งที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างไปตรวจสอบโดยผ่านการประเมิน

ทั้งการประเมินตนเอง ทั้งการประเมินจากเพื่อนในกลุ่มย่อย และการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนมากขึ้น โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทุกคนได้มีการถามกันโดยใช้คะแนนมาเป็นแรงจูงใจในการตั้งคำถามหรือการร่วมอภิปรายกันในกลุ่มและในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนที่ยังมีแบบจำลองที่ไม่สมบูรณ์ให้สมบูรณ์มากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระดับแบบจำลองทางความคิดในการสอนครั้งที่ 3 และการสอนทั้ง 2 ครั้งก่อนหน้าพบว่า ระดับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในการสอนครั้งที่ 3 ในระดับแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) และแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ที่มีนักเรียนโดยเฉลี่ยร้อยละ 18.18 เท่ากัน ซึ่งในทางทฤษฎีไม่ควรมีจำนวนนักเรียนโดยเฉลี่ยเท่ากัน โดยจำนวนนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ควรมีจำนวนนักเรียนโดยเฉลี่ยมากกว่าแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) แต่ในวิจัยครั้งนี้กลับไม่เป็นเช่นนั้น อาจเนื่องมาจากในการสอนครั้งที่ 3 นี้เป็นเนื้อหาที่เรียนรู้เกี่ยวกับสมบัติของสารละลายซึ่งเป็นเนื้อหาที่ไม่ต่อเนื่องจากการสอนครั้งที่ 1 และ 2 เพียงแต่เป็นการนำสมบัติของสารละลายมาศึกษาให้นักเรียนทราบถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของสารละลายเมื่อเปรียบเทียบกับสารบริสุทธิ์ จึงทำให้มีนักเรียนหลายคนนำเอาเพียงสมบัติต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลโดยกว้างมาตอบคำถามและหลายคนก็เขียนเพียงสมบัติของสารละลายเท่านั้น โดยที่ไม่สามารถระบุแยกได้ว่าจุดเดือดของสารละลายที่เพิ่มขึ้นหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายลดลงเพราะเหตุใด จึงทำให้ระดับแบบจำลองทางความคิดทั้งสองระดับมีจำนวนนักเรียนร้อยละโดยเฉลี่ยเท่ากัน อย่างไรก็ตามเมื่อแยกพิจารณา 2 แนวคิดย่อยของสมบัติของสารละลาย ในแนวคิดย่อยเรื่องสมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 51.51 แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารบริสุทธิ์ ณ จุดเดือดและแบบจำลองของสารละลาย ณ จุดเดือดได้ชัดเจนในระดับโมเลกุลและสามารถอธิบายปรากฏการณ์การเดือดของสารละลายรวมถึงสามารถให้เหตุผลการของการเดือดที่อุณหภูมิต่างกันได้ถูกต้อง และส่วนแนวคิดย่อยเรื่องสมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 48.48 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนสามารถวาดอธิบายการแข็งตัวของน้ำแข็งที่เป็นสารบริสุทธิ์และการแข็งตัวของกาแฟที่เป็นสารละลายที่มีลักษณะเป็นก้อนกาแฟแข็งในระดับโมเลกุลได้และสามารถอธิบายการแข็งตัวของสารบริสุทธิ์และสารละลายได้ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแนวคิดพบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ ในที่นี้จะเห็นว่านักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดและอธิบายสมบัติของสารละลายได้ทั้งจุดเดือดและจุดเยือกแข็งเป็นเพราะใช้หลักการเดียวกันในการอธิบายอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเป็นสารละลายจึงมีสมบัติที่แตกต่างไปจากสารบริสุทธิ์ จึงทำให้ในผลหลังการสอนครั้งที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับแบบจำลอง

ทางความคิดที่ถูกต้อง (CMM) จากข้อมูลจะเห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในการสร้างแบบจำลองทางความคิดให้มีระดับที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้ เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้สื่อการสอนที่มีแบบจำลองแอนิเมชันในระดับโมเลกุลให้นักเรียนได้ทดลองและศึกษาร่วมกับเพื่อนในกลุ่มในเรื่องสมบัติของสารละลายและยังให้นักเรียนได้ฝึกสร้างแบบจำลอง ปรับปรุงและประเมินแบบจำลองหลายครั้ง จากขั้นการสอนจะเห็นว่ามีการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทั้งหมด 3 ครั้งใน 1 แผนการสอน คือขั้นที่ 4 ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง และขั้นที่ 7 ประเมินและปรับปรุงโดยเพื่อน ร่วมกับขั้นที่ 8 ที่เป็นการอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาในการสร้างแบบจำลองอย่างต่อเนื่องและสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vosniadou and loannides (1998 as cited in Wang, 2007: 5) แสดงให้เห็นว่า บุคคลสร้างแบบจำลองหรือแบบจำลองทางความคิดบนพื้นฐานของความรู้เดิม ซึ่งบุคคลสามารถดูดซึมหรือยอมรับสารสนเทศใหม่ โดยแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมานี้จะนำไปใช้และทดสอบในสถานการณ์ใหม่ และบุคคลจะยังคงแบบจำลองทางความคิดไว้พิจารณาต่ออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้นักเรียนมีระดับแบบจำลองทางความคิดที่ดีขึ้นจากการสอน 2 ครั้งที่ผ่านมา เนื่องจากนักเรียนได้ทำการสร้างและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ อยู่สม่ำเสมอและการใช้สื่อการสอนก็สำคัญในการที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์มากขึ้นยิ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2558) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้สื่อเทคโนโลยีที่แสดงให้นักเรียนเห็นภาพและอธิบายอย่างชัดเจนให้เห็นเป็นรูปธรรมได้ เช่นการใช้แบบจำลอง รูปภาพ วิดีโอหรือแอนิเมชันจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยจะเห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ทำให้พัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เป็นส่วนหนึ่งหรือมีส่วนรวมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ มีส่วนร่วมในการปฏิบัติการสร้างแบบจำลองและให้นักเรียนสะท้อนความรู้ในขณะที่ปฏิบัติ และนักเรียนได้รู้วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสมมติฐาน การสังเกตและการอภิปราย (Baek et. al, 2010) อีกทั้งนักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำได้เป็นผู้ควบคุมตนเอง การสร้างความรู้ด้วยตนเองและมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนในชั้นเรียนจะทำหนักเรียนมีการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่ดีขึ้น (Krause, Bochner, & Duchesne,2003) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2554) ได้ศึกษาและและพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ผลการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และประเมินแบบจำลองความคิดของตนเอง พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้าง แบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาลักษณะการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีเรื่องโครงสร้างอะตอมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองในเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนในเรื่องโครงสร้างอะตอมมาแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 นักเรียนทั้งหมด 30 คน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมที่การสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีที่ 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) จะสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุ บุตรวิเศษ และคณะ (2558) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนมติเรื่อง พันธะเคมี ก่อนเรียนเฉลี่ย 27.45 คะแนน (ร้อยละ45.76) หลังเรียนเฉลี่ย 49.77 คะแนน (ร้อยละ 82.95) ซึ่งมีนักเรียนที่มีคะแนนมโนมติหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 95.45 และมีคะแนนมโนมติเรื่องพันธะเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ที่ศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องการระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน ในจังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องการระเหย ในด้านการสร้างและการประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.75 และ 43.75 ตามลำดับ) ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 50.00) และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50.00) โดยด้านการปรับปรุงและนำแบบจำลองไปใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ครูควรมีการเตรียมตัวในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสื่อที่ใช้ในการสอน เช่น เว็บไซต์ออนไลน์หรือโปรแกรมที่สามารถสร้างแบบจำลองให้อยู่ในระดับโมเลกุล เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในแบบจำลองและสามารถนำไปพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการพานักเรียนสร้างหรือร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนให้มีความหลากหลาย เช่น ปากกาหลายสี เพื่อเตรียมให้นักเรียนที่ยังไม่ได้มีอุปกรณ์การเรียนครบ

1.2 ข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ในเรื่องของเนื้อหา ควรเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับขั้นการสอนทั้ง 9 ขั้นและคำนึงถึงความเหมาะสมของบริบทนักเรียน และในเรื่องเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้นักเรียนได้มีเวลาในการแนะนำปรับปรุง และอภิปรายร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนจะส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาในการสร้างแบบจำลองทางความคิดให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งถัดไป

2.1 ในการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ควรปรับใบกิจกรรมให้นักเรียนมีการฝึกแสดงเหตุผลอธิบายเพิ่มเติมควบคู่ไปกับการวาดภาพแบบจำลองทางความคิดทุกขั้นการสอนซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สารละลายของนักเรียนได้มากขึ้น และควรมีการใช้เครื่องมืออื่น ๆ ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์ วิดีโอในการสอนทุกแผนการจัดกิจกรมการเรียนรู้ เป็นต้น เพื่อศึกษาการได้มาของคำตอบและการให้เหตุผลของนักเรียนจะสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประกอบกับผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้มีความละเอียดมากขึ้น

2.2 ในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ไปใช้ในการสอนสำหรับชั้นเรียนออนไลน์ควรมีการปรับกิจกรรมให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการสาธิตสื่อออนไลน์และการแบ่งกลุ่มในชั้นเรียนออนไลน์ เนื่องจากการสอนออนไลน์มีข้อดีคือสามารถคุมเวลาในการเข้าเรียนและเลิกเรียนได้ตรงเวลา แต่มีข้อเสียคือนักเรียนไม่สามารถมองเห็นแบบจำลองทางความคิดของเพื่อนในกลุ่มได้ทันทีในขณะทำกิจกรรมกลุ่ม จึงต้องมีการคำนึงถึงข้อตรงนี้ด้วย และในการสอนสำหรับชั้นเรียนออนไซต์ควรมีการบอกนักเรียนล่วงหน้าในการจัดเตรียมห้องเรียนเพื่อใช้ในการทำกิจกรรมกลุ่มและครูควรควบคุมเวลาให้เหมาะสมกับแต่ละขั้นการสอนไม่ให้กระทบกับการสอนขั้นถัดไป

2.3 ควรมีการนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ MCIS ไปพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการโต้แย้ง ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2541). รูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน. *กรณีศึกษาสำหรับ ครูมัธยมศึกษา*: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐนรี คณะเมือง. (2561). *การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เรื่องการระเหยที่มีต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิศนา แขมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน: *องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2555). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2558). *แนวคิดทางเลือกของนักเรียนวิชาฟิสิกส์.* วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร. 16(4): 202-209.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). *การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้*. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร. 11(1): 32-45.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น.* พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

_____. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น.* พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). *วิจัยการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2561). *วิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน.* ขอนแก่น. คลังนานาวิทยา.

โพธิศักดิ์ โพธิเสน. (2558). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใน*

เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุจิรา สินไชย. (2562). *การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ในหน่วยการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

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

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2517). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

_____. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.* กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์เซ็นเตอร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *หนังสือเรียนรวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่4-6.* กรุงเทพฯ : องค์การค้าของสกสค.

สราวุธ แท่นจินดารัตน์. (2559). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร ศึกษา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพร จิรวัฒน์กุล. (2546). *การวิจัยเชิงคุณภาพในวิชาชีพการพยาบาล*. พิมพ์ครั้งที่ 1 ขอนแก่น : คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อนุพงศ์ ไพรศรี. (2560). *ฉันพัฒนาทักษะการโต้แย้งและแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องสมดุลเคมีอย่างไร ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Baek, H., Schwarz C., Chen J., Hokayem H., & Zhan L. (2010). Engaging elementary student in scientific modeling. Paper presented at *National Association for Research in Science Teaching.*

Batlolona J.R., & Souisa H.F (2020) Problem based learning: Students' mental models on water conductivity concept. *International Journal of Evaluation and Research in Education,* v9 n2 p269-277.

Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., & Gerlits, B., et.al., (2004). Model-based teaching and learning with biological^{TM}:What do they learn? how do they learn? how do we know? *Journal of Science Education and Technology, 13*(1), 23-41.

Buckley, B. C., & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In Gilbert, J. K., & Boulter, C. J., *Developing Models in Science Education* (pp. 120-135). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Calik, M. (2005). A cross-age study on the understanding of chemical solution and their components. *International Education Journal*, 6(1), 30-41.

Chiu, J., & Linn, M. (2014). Supporting knowledge integration in chemistry with a visualization-enhanced inquiry unit. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 37-58.

Coghlan, D. & Brannick, T. (2001). Doing action research in your own organization. London : Sage.

Coll, R., & Taylor, T. (2001). Using constructivism to inform tertiary chemistry pedagogy. *Chemistry education: research and practice in Europe*, 2(3), 215-226.

Coll, R., & Treagust, D. (2002). Learners' mental models of metallic bonding: A cross-age study. *Wiley Periodicals*, 685-707.

Collins, A., & Gentner, D. (1987). How people construct mental models. In ReaRamirez, M. A., Clement, J., & Nunez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), Model based learning and instruction in science. *Springer Science.* 2, 23-43

Fortus, D. (2010). High school students' modeling knowledge. Paper presented at the *Association for Science Teacher Education.*

Giere, R. (1991). Understanding scientific reasoning. Fort Worth, TX: Holt: Rinehart & Winston.

Gilbert, J. (2004). Model and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*(1), 115-130.

Gilbert, J., & Boulter, C. (2000). Developing models in science education. Dordrecht: *Kluwer.*

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Science and education: Notions of reality, theory and model. In Gilbert, J.K. & Boulter, C.J., Developing Models in Science Education, 20-40. Netherlands: *Kluwer Academic Publishers.*

Gobert, G., & Bucley, B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education, 22*(9), 891-894.

Halloun, I. (1998). Schematic concepts for schematic models of the real world. *The Newtonian Concept of Force: Science Education*, 82, 239-263.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atom, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381.

Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory of science, cognition, and instruction. In Berg, E., Ellermeijer, T., & Sloonten, O., Proceedings GIREP Conference 2006: *Modeling in Physics and Physics and Physics education.* Amstel Institute, Faculty of Science Universities van Amsterdam.

Hrepic, Z. (2004). *Development of a real-time assessment of students' mental models of sound propagation*. Doctoral dissertation, Department of Curriculum, and Instruction College of Education Kansas State University.

Johnson-Laird, P.N. (1983). Mental models. Harvard University Press, Cambridge. as In Buckley, B.C. (2004). Model-based teaching and learning With BioLogica™: What do they learn? how do they learn? how do we know? *Journal of Science Education and Technology,* 13(1), 23 - 41.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. UK: Cambridge University Press.

Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: Key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Education Química, 2*(1), 31-40.

Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and modelling in chemical education. In J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust, & J. Van Driel (Eds.). *Chemical education:* towards research-based practice. 47-68. London: Kluwer Academic Publishers.

Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic-constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 959-970.

Ogan-Bekiroglu, F. (2007). Effects of model-based teaching on pre-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and other lunar phenomena. *International Journal of Science Education. 29*(5): 555-593.

Osborn, R. J., & Whittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education, 67*(4), 489-508. In Osborn, J. (1993). Beyond constructivism. In the proceedings of the third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics. New York : Misconceptions trust.

Norman, D. (1983). *Some observations on mental models*. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.). Mental models. 7-14. Hillsdale NJ: Erlbaum.

Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction 23*(2), 165-205.

Schwartz, R., & Lederman, N. (2008). What scientists say: scientists' views of nature of science and relation to science context. International *Journal of Science Education, 30*(6), 727-771.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., & Fortus, D., et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science*, 46, 632-654.

Sunyono, et.al., (2020). Mental models of atomic structure concepts of 11th grade chemistry students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *19(*1), 1-21.

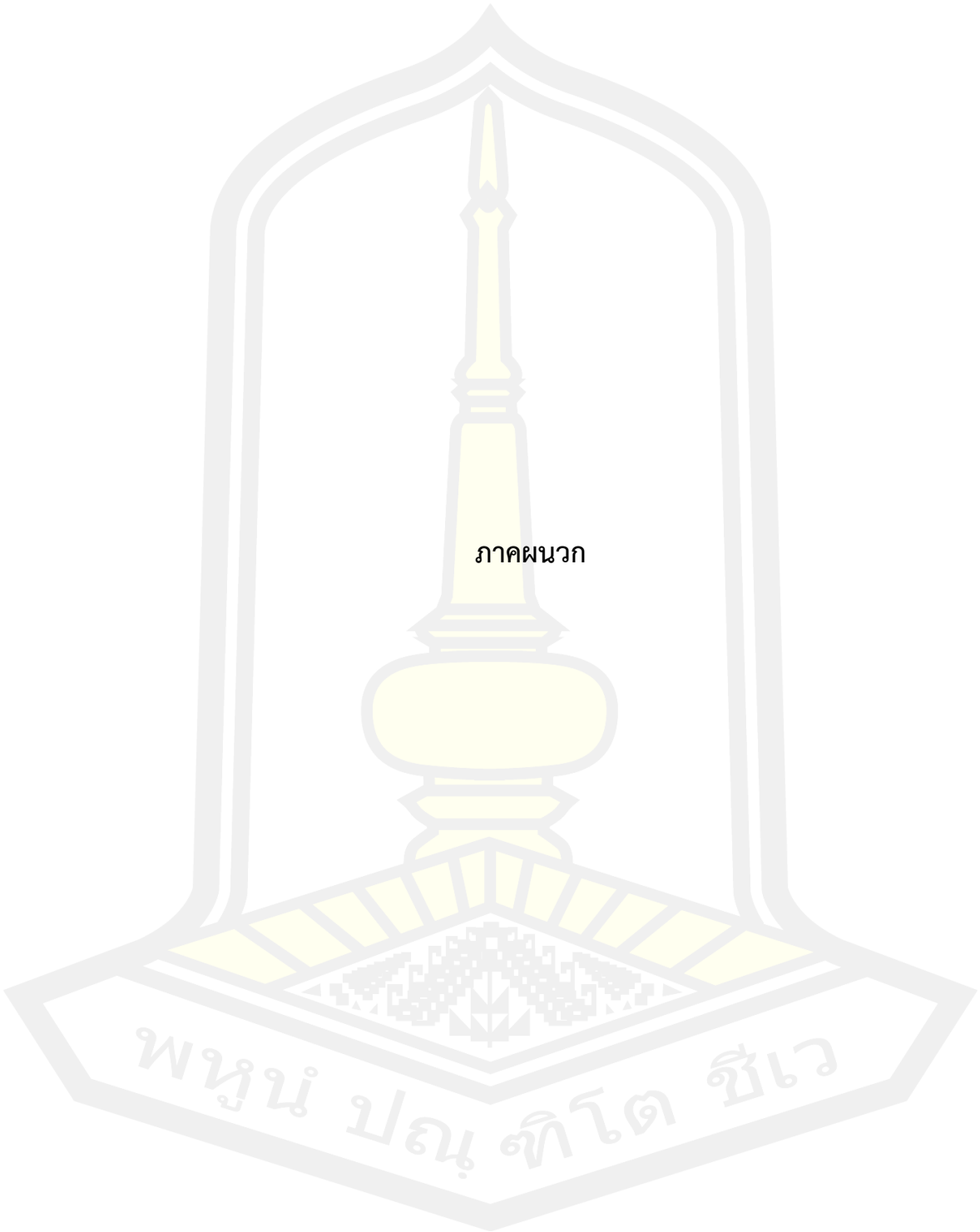
Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of mass. *International Journal of Science Education*, 12(5), 501-512.

Stringer, E. (1999). Action research (2nd ed.). California : Sage.

Van Hook, S., & Huziak-Clark, T. (2007). Tip-to-Tail: Developing a conceptual model of magnetism with kindergartners using inquiry-based instruction. *Journal of Elementary Science Education, 19*(2), 45-58.

Vosniadou, S., & Brewer, W. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*(1), 535-585.

Wise, K. C. (1984). The impact of microcomputer simulation on the achievement and attitude of high school physical science student. *Dissertation Abstracts International, 42*(2), 432-A.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MCIS ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชา ว31231 เคมี 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สารละลาย มัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระการเรียนรู้เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

เวลาเรียน 2 คาบ (100 นาที) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

ผู้สอน นางสาวญาดา ยวนพันธ์

---

1. ตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้

สาระเคมี 3

เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้

คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการได้

2. สาระการเรียนรู้

ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วนได้ (K)

3.2 นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วนได้ (P)

3.3 นักเรียนส่งงานตรงเวลา (A)

4. สาระสำคัญ

สารละลายประกอบด้วยตัวละลายและตัวทำละลายในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณของสารในสารละลายสามารถระบุในรูปของความเข้มข้น โดยความเข้มข้นหมายถึงปริมาณของสารต่อปริมาณของสารละลายหรือต่อปริมาณของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของสารละลายมีหลากหลาย ได้แก่

- ร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน (percentage) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อร้อยส่วนของสารละลาย จำแนกได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวล (\% w/w)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร (\%v/v)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร(\%w/v)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

- ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อล้านส่วนในหน่วยมวลหรือหน่วยปริมาตรเดียวกัน

$$\text{ส่วนในล้านส่วน (ppm)} = \frac{\text{มวลหรือปริมาณของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาณของสารละลาย}} \times 10^6$$

5. กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MCIS)

- **ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (5 นาที)**

1. ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจว่า ถ้าต้องการบอกปริมาณของสารที่อยู่ในรูปสารละลายจะทำได้อย่างไร (แนวคำตอบ : บอกเป็นความเข้มข้นของสารละลาย)
2. ครูนำสารละลายหรือรูปสารละลาย และการละลายของสารในชีวิตประจำวัน เช่น

น้ำเชื่อม	แอลกอฮอล์	น้ำเกลือล้างแผล	ค่าคลอรีนสำหรับสระว่ายน้ำที่ได้มาตรฐาน
น้ำเชื่อม 6 g = น้ำตาล 4 g	ล้างมือ 70%	0.9%	1-2 ppm

ภาพจาก : (น้ำเชื่อม : https://www.mitrpholsugar.com) (สเปรย์แอลกอฮอล์ : https://www.hardwareking.co.th/product/1880/สเปรย์แอลกอฮอล์ทำความสะอาดอเนกประสงค์-50-มล) (น้ำเกลือล้างแผล : https://kleanandkare.co.th/th) (ค่าคลอรีนสระว่ายน้ำ : http://interpoolspa.co.th/ค่า-ph-และ-ค่าคลอรีนสำหรับ/)

แล้วตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียน ดังนี้

- นักเรียนคิดว่า สารที่นำมานี้จัดเป็นสารประเภทใด (แนวคำตอบ : สารละลาย)

- ตัวเลข 70% , 0.9% หรือ 1-2 ppm แสดงถึงสิ่งใด (แนวตอบ : ความเข้มข้นของสารละลาย)

- นักเรียนคิดว่า แอลกอฮอล์ล้างมือ 70% ,น้ำเกลือล้างแผล 0.9%, น้ำเชื่อม (แต่ระบุหมายเหตุ) ระบุความเข้มข้นในหน่วยเดียวกันหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : พิจารณาคำตอบของนักเรียน โดยอยู่ในดุลยพินิจของครูผู้สอน โดยมีแนวตอบ เช่น ระบุความเข้มข้นคนละหน่วย โดยแอลกอฮอล์ล้างมือ 70% จะระบุความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร ส่วนน้ำเกลือล้างแผล 0.9% จะระบุความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร การบอกปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำจะระบุในหน่วย ส่วนในล้านส่วน และน้ำเชื่อม 100% จะระบุในหน่วยร้อยละโดยมวลเป็นต้น)

- ความเข้มข้นของสารละลายบอกให้ทราบปริมาณใดในสารละลาย

(แนวคำตอบ : ความเข้มข้นของสารละลายบอกให้ทราบปริมาณตัวถูกละลายและตัวทำละลาย)

- **ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (5 นาที)**

1. ครูแจกใบกิจกรรม เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน ให้นักเรียนเป็นรายบุคคล ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับตัวอย่างสารละลายข้างต้นเป็นรายบุคคล หรือแสดงสมมติฐาน โดยแต่ละคนสามารถแสดงออกมาเป็นการวาดภาพเพื่อนำมาอธิบายสารละลายนี้

- สารละลายแอลกอฮอล์ล้างมือ 70% น้ำเกลือล้างแผล 0.9% น้ำเชื่อม 100% และค่าที่บอกปริมาณของคลอรีนในสระว่ายน้ำ สามารถแสดงออกมาในรูปแบบภาพวาดที่สื่อถึงตัวทำละลายและสารละลายได้อย่างไร

- **ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (20 นาที)**

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน

2. นักเรียนภายในกลุ่มทำงานร่วมกันเป็นทีม เพื่อตรวจสอบแบบจำลองที่สมาชิกในกลุ่มสร้างขึ้น โดยการแลกเปลี่ยนแบบจำลองของตนเองที่สร้างขึ้นกับเพื่อนในกลุ่ม และพิจารณาความเหมือนและความแตกต่างของตนเองและของเพื่อน จากนั้นร่วมกันศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบจำลองของสารละลายเพื่อจะนำมาปรับปรุงแก้ไขในขั้นถัดไป

3. ครูให้นักเรียนสมาชิกในกลุ่มร่วมกัน สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน จากนั้นบันทึกลงในใบกิจกรรม

- **ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (5 นาที)**

1. เมื่อนักเรียนได้ทำการแลกเปลี่ยนแบบจำลองของตนเองกับเพื่อนแล้ว ให้นักเรียนภายในกลุ่มประเมินแบบจำลองของตนเองกับเพื่อน ว่าเป็นไปตามหลักของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ด้วยแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. จากนั้นทำการปรับปรุงแบบจำลองของตนเองตามข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ลงไปในใบกิจกรรม

- **ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (20 นาที)**

1. ครูพูดเชื่อมโยงสารละลายที่ยกตัวอย่างในชีวิตประจำวันก่อนหน้า คือ น้ำเชื่อม, แอลกอฮอล์ล้างมือ 70% , น้ำเกลือล้างแผล 0.9% และค่าคลอรีนสำหรับสระว่ายน้ำที่ได้มาตรฐาน 1-2 ppm กับข้อมูลที่นักเรียนได้สืบค้น ดังนี้

- จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน สารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวลคือสารใด และมีความหมายว่าอย่างไร (แนวคำตอบ : น้ำเชื่อม หมายถึง มีน้ำตาลปริมาณ 4 กรัมในน้ำเชื่อม 6 กรัม)

- หากคิดเป็นร้อยละโดยมวลสามารถคำนวณได้อย่างไร และหน่วยความเข้มข้นร้อยละเท่าใด (แนวคำตอบ : คำนวณจากสูตรร้อยละโดยมวล (% w/w) = $\frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}}$ x 100 จะได้ 67.67%)

- หน่วยความเข้มข้นร้อยละโดยปริมาตรจะเป็นสารละลายใดและมีความหมายว่าอย่างไร ใช้สูตรใดในการคำนวณ (แนวคำตอบ : แอลกอฮอล์ล้างมือ หมายถึงในสารละลาย 100 มิลลิตรจะมีแอลกอฮอล์ 70 มิลลิลิตร ใช้สูตร ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) = $\frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}}$ x 100)

- หน่วยความเข้มข้นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรคือสารละลายใดและมีความหมายว่าอย่างไร ใช้สูตรใดในการคำนวณ (แนวคำตอบ : น้ำเกลือล้างแผล หมายถึงมีเกลือ 9 กรัมในสารละลาย 100 มิลลิลิตร ใช้สูตรร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร(%w/v) = $\frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}}$ x 100)

- หน่วยความเข้มข้นส่วนในล้านส่วนคือสารละลายใด มีความหมายว่าอย่างไร และใช้สูตรใดในการคำนวณ (แนวคำตอบ : ค่าคลอรีนในสระว่ายน้ำ หมายถึง ในน้ำ 1 ล้านส่วนจะมีปริมาณคลอรีนเพียงแค่ 2-3 ส่วน ใช้สูตร ส่วนในล้านส่วน (ppm) = $\frac{\text{มวลหรือปริมาณของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาณของสารละลาย}}$ x 10^6)

2. ครูยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ดังนี้

- หากครูมีของเหลวชนิดหนึ่งสูตร A_3B เมื่อนำ A_3B 20 cm^3 ผสมกับน้ำให้มีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 500 cm^3 จะหาความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยปริมาตรได้อย่างไร (แนวคำตอบ : หาได้จาก

สูตร ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) $= \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$ เมื่อแทนค่าจะได้ความเข้มข้นเท่ากับ 4% v/v)

- **ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (5 นาที)**

1. นักเรียนนำแนวคิดสำคัญที่ได้จากการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์มาประเมินโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้คำถามต่อไปนี้

- จากการแปลความหมาย นักเรียนพบประเด็นที่แตกต่างไปจากแบบจำลองของตนเองหรือไม่อย่างไร

- จากการแปลความหมาย นักเรียนคิดว่าแบบจำลองของตนเองถูกต้องเหมาะสมแล้วหรือไม่มีประเด็นใดบ้างที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

2. ครูให้นักเรียนแต่ละคนประเมินแบบจำลองของตนเองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้ง

- **ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (5 นาที)**

1. นักเรียนภายในกลุ่มนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคลโดยให้เพื่อนในกลุ่มเป็นผู้ร่วมอภิปรายและประเมินด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันสะท้อนผลของแบบจำลองภายหลังประเมินเพื่อให้ทราบผลการประเมินแบบจำลองของแต่ละคนและสรุปเป็นแบบจำลองของกลุ่ม

- **ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น (10 นาที)**

1. ภายในกลุ่มคัดเลือกตัวแทนออกมานำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน กลุ่มละประมาณ 2 นาที พร้อมทั้งให้สมาชิกในชั้นเรียนระบุ จุดเด่น และจุดที่ควรปรับปรุง

2. นักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของแบบจำลองและเปรียบเทียบลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียน โดยครูใช้คำถามต่อไปนี้

- มีแบบจำลองของกลุ่มใดบ้างที่มีลักษณะเหมือนกันและเหมือนกันอย่างไร

- มีแบบจำลองของกลุ่มใดบ้างที่มีลักษณะแตกต่างกันและแตกต่างกันอย่างไร

3. นักเรียนร่วมกันสรุปข้อคิดสำคัญและร่วมกันสร้างแบบจำลองตามมติของชั้นเรียน

- **ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (25 นาที)**

1. ให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่ได้จากการสรุปความคิดสำคัญ โดยใช้กับสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ดังนี้

- สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลหมายถึงอะไร

- แหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีสารปนเปื้อน 3 ppm หมายความว่าอย่างไร

- หากครูมีสารละลายน้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เข้มข้นร้อยละ 22.0 โดยมวล มีความหนาแน่น 1.09 กรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลาย 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลทรายละลายอยู่กี่กรัม

2. ให้นักเรียนนำเสนอวิธีคิดลงในใบกิจกรรมพร้อมกับแบบจำลองทางความคิด

3. จากนั้นครูสรุปกิจกรรม โดยใช้คำถามดังนี้

- จากกิจกรรมในวันนี้ นักเรียนคิดว่าความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วนบอกความหมายอะไรได้บ้าง (แนวคำตอบ : ความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ เป็นหน่วยที่บอกมวลหรือปริมาตรของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 100 หน่วย มวล หรือ ปริมาตรขึ้นอยู่กับประเภทของหน่วยความเข้มข้นนั้น ส่วนในล้านส่วน เป็นหน่วยความเข้มข้นที่บอกให้ทราบว่าในสารละลาย 1 ล้านส่วนมีตัวถูกละลายละลายอยู่กี่ส่วน)

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 หนังสือเคมี 1 ว31231 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของอาจารย์อภิญญา ภัทราธรรมรักษ์

6.2 ใบกิจกรรม เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

7. การวัดและการประเมินผล

ด้านที่วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านพุทธิพิสัย (K)	นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วนได้	ใบงาน	แบบประเมินใบงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม (ได้ 7 คะแนนขึ้นไป)
ด้านทักษะพิสัย (P)	นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละส่วนในล้านส่วนได้	ใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
ด้านจิตพิสัย (A)	นักเรียนส่งงานตรงเวลา	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	ระดับพอใช้ขึ้นไป

8.เอกสารอ้างอิง

เอกสารประกอบการสอน ว31231 เคมี 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

การสร้าง เปรียบเทียบ ปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นางสาวญาดา ยวนพันธ์)

ผู้สอน

ใบงาน เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายดังต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ร้อยละโดยมวล หมายถึง

.....

.....

.....

2. ร้อยละโดยปริมาตร หมายถึง

.....

.....

.....

3. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร หมายถึง

.....

.....

.....

4. ส่วนในล้านส่วน หมายถึง

.....

.....

.....

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การประเมินด้านพุทธิพิสัย (K)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **รายวิชา ว31231 เคมี 1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สารละลาย **มัธยมศึกษาปีที่ 4**

สาระการเรียนรู้เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

คำชี้แจง กรอกคะแนนนักเรียนตรงตามคะแนนที่นักเรียนได้

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนที่ได้	ผลการประเมิน	
			ผ่าน	ไม่ผ่าน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การประเมินผลด้านพุทธิพิสัย (K)

จุดประสงค์ : นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วนได้

ข้อที่	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
1. ร้อยละโดยมวลหมายถึง	หน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน หน่วยที่ใช้จะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน เช่น กรัม กิโลกรัม	หน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายในสารละลายหน่วยกรัม	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ	ไม่เขียนคำตอบ
2. ร้อยละโดยปริมาตรหมายถึง	หน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน หน่วยที่ใช้จะต้องเป็นหน่วยเดียวกันเช่น มิลลิลิตร ลิตร	หน่วยที่บอกปริมาตรของตัวถูกละลายในสารละลายหน่วยปริมาตร	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ	ไม่เขียนคำตอบ
3. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรหมายถึง	หน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร หน่วยที่ของมวลและของปริมาตรจะต้องสอดคล้องกัน เช่น g/cm^3 หรือ kg/dm^3	หน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายในสารละลายหน่วยปริมาตร	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ	ไม่เขียนคำตอบ
4. ส่วนในล้านส่วนหมายถึง	หน่วยที่บอกปริมาณของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ล้านส่วน โดยหน่วยปริมาณต้องเป็นหน่วยเดียวกัน เช่น กรัม กิโลกรัม มิลิลิตร หรือ ลิตร	หน่วยที่บอกปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลาย หน่วยปริมาณเดียวกัน	ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยล้าน	ไม่เขียนคำตอบ

หมายเหตุ : ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

ใบกิจกรรม เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ และส่วนในล้านส่วน

1. ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่แสดงหน่วยความเข้มข้นของสารละลายจากตัวอย่างที่ครูแสดงตามความเข้าใจของตนเองด้วยการวาดภาพในกรอบด้านล่าง

น้ำเชื่อม	แอลกอฮอล์ล้างมือ 70%	น้ำเกลือล้างแผล 0.9%	ปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำ

2 . ตรวจสอบเชิงประจักษ์เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร และส่วนในล้านส่วน

หน่วยความเข้มข้น	**หมายถึง**	**สูตรคำนวณ**
ร้อยละโดยมวล สัญลักษณ์คือ		
ร้อยละโดยปริมาตร สัญลักษณ์ คือ		
ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร สัญลักษณ์ คือ		
ส่วนในล้านส่วน สัญลักษณ์คือ.....		

3. จากการอภิปรายเพื่อประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น แบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุงควรมีลักษณะอย่างไร ให้วาดแบบจำลองลงในกรอบด้านล่าง

น้ำเชื่อม	แอลกอฮอล์ล้างมือ 70%	น้ำเกลือล้างแผล 0.9%	ปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำ

4. วาดภาพแสดงหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นมติของกลุ่มให้เข้าใจ

น้ำเชื่อม	แอลกอฮอล์ล้างมือ 70%	น้ำเกลือล้างแผล 0.9%	ปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำ

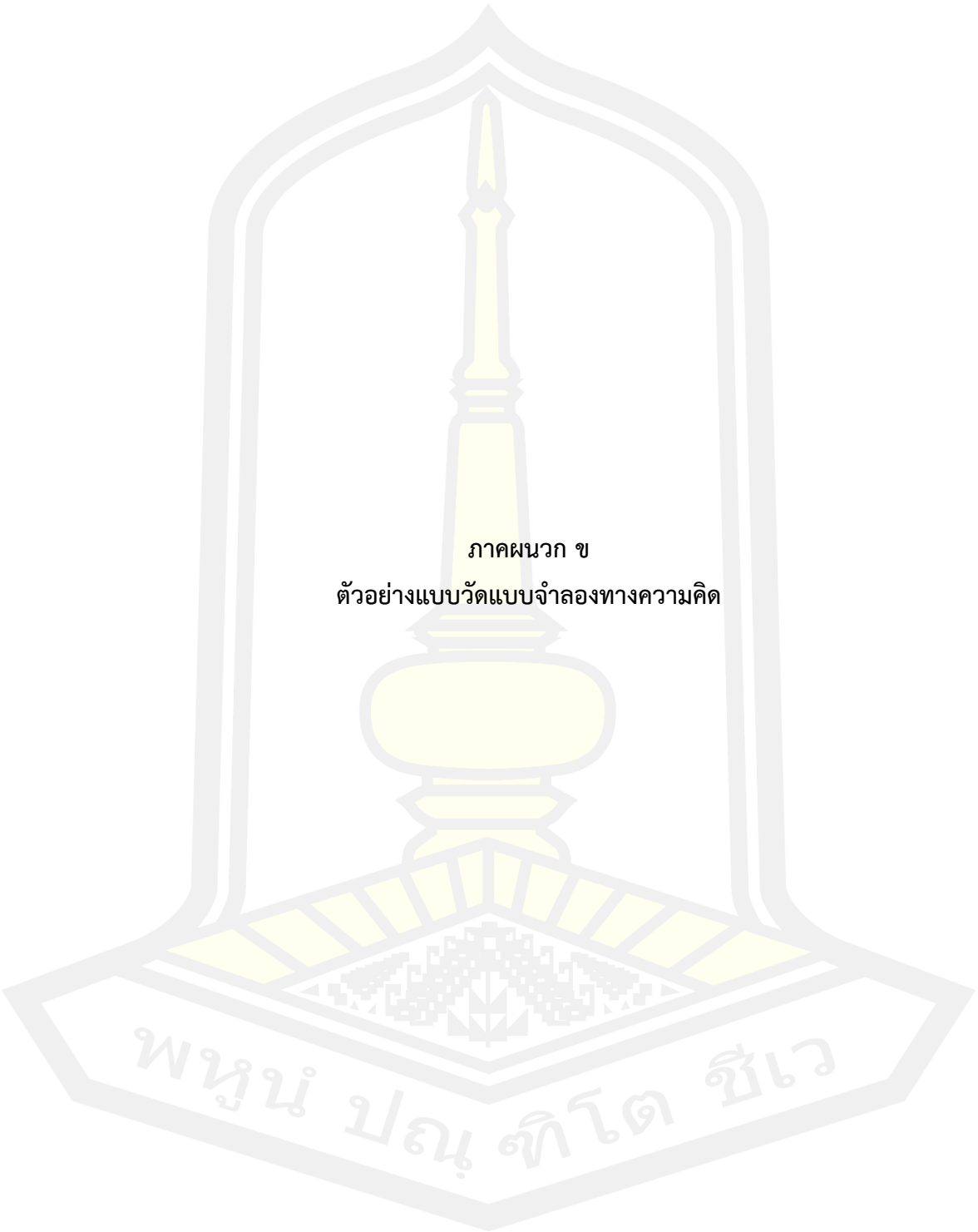
5. วาดภาพแสดงหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นมติของห้อง

น้ำเชื่อม	แอลกอฮอล์ล้างมือ 70%	น้ำเกลือล้างแผล 0.9%	ปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำ

6. หากครูมีสารละลายน้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เข้มข้นร้อยละ 22.0 โดยมวล มีความหนาแน่น 1.09 กรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลาย 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลทรายละลายอยู่กี่กรัม
จงวาดภาพเพื่ออธิบายสารละลายน้ำตาลทราย

ในสารละลาย 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลทรายละลายอยู่กี่กรัม

.....
.....
.....
.....
.....
.....



ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดในการสอนครั้งที่ 1

ชื่อ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองจากตัวอย่างที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายความหมายของแบบจำลองให้ครบถ้วน

ข้อ 1. จากภาพข้างล่าง จงบอกประเภทของความเข้มข้นของสารละลายและอธิบายลักษณะของสารละลาย พร้อมทั้งวาดภาพประกอบ

ภาพยาล้างแผล

สารละลายของน้ำยาล้างแผลเบตาดีน ที่มีสารโพรวิโดน-ไอโอดีน

ภาพสารละลายยาล้างแผลเบตาดีน

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

ข้อ 2. สารละลาย A และ B มีความเข้มข้น 0.20 mol/dm^3 และ 0.40 mol/dm^3 โดยสารละลายทั้งสองมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ให้นักเรียนแสดงแบบจำลองว่าสารละลายทั้ง 2 มีความแตกต่างกันอย่างไร พร้อมอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้น ระบุตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายทั้ง 2 ชนิดโดยใช้ภาพที่วาดได้

ภาพแสดงสารละลาย A 0.20 mol/dm^3 และ สารละลาย B 0.40 mol/dm^3

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

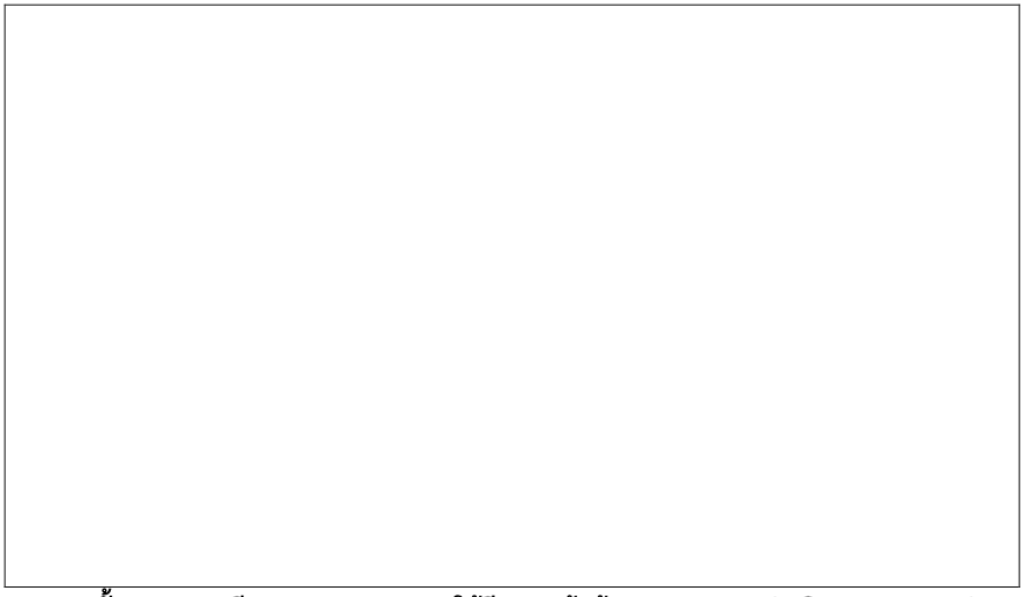
ข้อ	ประเภท	ความหมาย
1	CMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลายเบตาดีนได้ถูกต้อง สามารถบอกประเภทของความเข้มข้นของสารละลายและอธิบายลักษณะของสารละลายได้
	ICMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลายเบตาดีนได้ถูกต้อง และสามารถบอกประเภทความเข้มข้นของสารละลายได้และสามารถอธิบายลักษณะของสารละลายได้อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
	CFMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลายเบตาดีนได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถบอกประเภทความเข้มข้นของสารละลายได้และไม่สามามารถอธิบายลักษณะของสารละลายได้ หรือ นักเรียนวาดแบบจำลองของสารละลายเบตาดีนไม่ถูกต้องแต่สามารถบอกประเภทความเข้มข้นของสารละลายและสามามารถอธิบายลักษณะของสารละลายได้
	FMM	นักเรียนวาดแบบจำลองของสารละลายเบตาดีนไม่ถูกต้องและบอกประเภทความเข้มข้นของสารละลายและอธิบายลักษณะของสารละลายไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง
	IMM	นักเรียนวาดแบบจำลองของสารละลายไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความ **หรือ**เขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
	NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพของสารละลายเบตาดีน

ข้อ	ประเภท	ความหมาย
2	CMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลาย A และ B ได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้น ระบุตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโดยการใช้แบบจำลองได้ครบทุกองค์ประกอบ
	ICMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลาย A และ B ได้ถูกต้องและสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้น ระบุตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายได้โดยใช้แบบจำลองได้อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
	CFMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลาย A และ B ได้ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้น ระบุตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายได้ **หรือ** นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของสารละลาย A และ B ไม่ถูกต้อง แต่อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้น ระบุตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายได้
	FMM	นักเรียนวาดแบบจำลองของน้ำสารละลาย A และ B ไม่ถูกต้องและอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้น ระบุตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายได้ไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง
	IMM	นักเรียนวาดแบบจำลองสารละลาย A และ B ไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความ **หรือ** เขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
	NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพของสารละลาย A และ B

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดในการสอนครั้งที่ 2

ชื่อ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ข้อ 1. ในการเตรียมสารละลายด้วยสารบริสุทธิ์ หากนักเรียนต้องการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3 นักเรียนจะต้องตักผลึก NaCl มากี่กรัม โดยนักเรียนจำเป็นต้องวาดภาพขั้นตอนการเตรียมสารละลายเพื่อให้เพื่อนที่เรียนสายศิลป์เข้าใจด้วย (Na = 40, Cl=35.5)



ภาพขั้นตอนการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

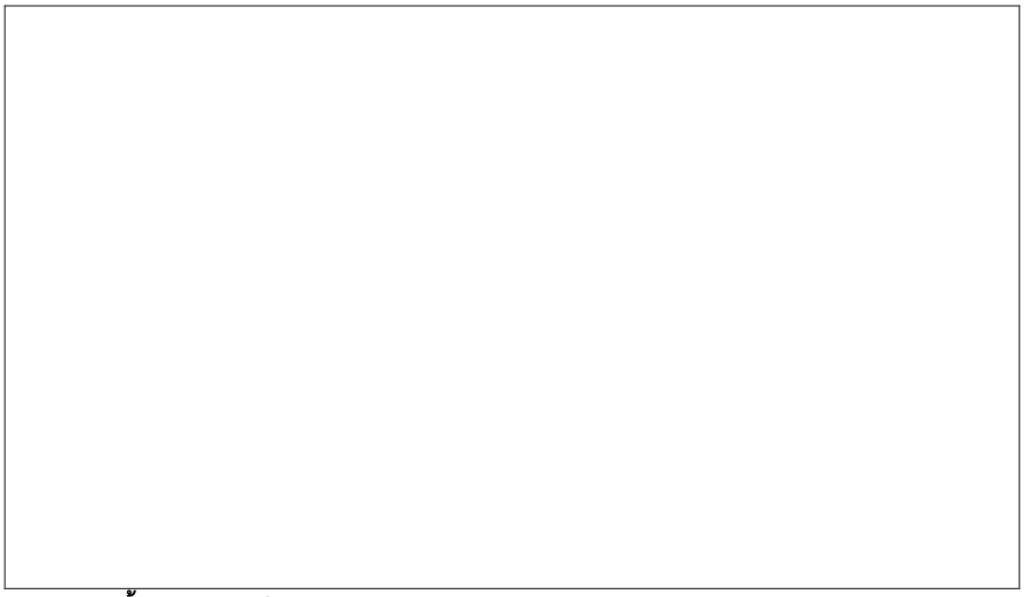
.....

.....

.....

.....

ข้อ 2. ริวต้องการเตรียมสารละลาย CH_3COOH 0.2 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3 จากสารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 1.5 mol/dm^3 จะต้องนำ สารละลาย CH_3COOH 1.5 mol/dm^3 มากี่ลูกบาศก์เซนติเมตรและจะมีวิธีการเตรียมสารละลายดังกล่าวอย่างไร



ภาพขั้นตอนการเตรียมสารละลาย CH_3COOH 0.2 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อ	ประเภท	ความหมาย
1	CMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นการเตรียมสารละลายได้ถูกต้อง และอธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3 และระบุปริมาณของ NaCl ที่จะต้องการได้ถูกต้อง
	ICMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นการเตรียมสารละลายได้ถูกต้อง และอธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3 และระบุปริมาณของ NaCl ที่จะต้องการได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
	CFMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นการเตรียมสารละลายได้ถูกต้อง แต่อธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3 และระบุปริมาณของ NaCl ที่จะต้องการได้ไม่ถูกต้อง หรือ นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นการเตรียมสารละลายได้ไม่ถูกต้อง แต่อธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3 และระบุปริมาณของ NaCl ที่จะต้องการได้ถูกต้อง
	FMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นการเตรียมสารละลายได้ไม่ถูกต้อง และอธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 200 cm^3 และระบุปริมาณของ NaCl ที่จะต้องการได้ไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง
	IMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นการเตรียมสารละลายได้ไม่ถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความ **หรือ**เขียนบรรยายแต่ไม่อธิบาย
	NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพของขั้นการเตรียมสารละลาย

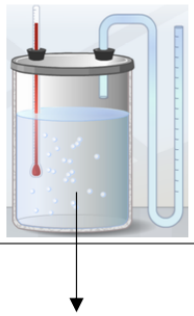
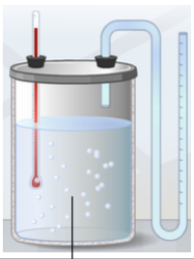
ข้อ	ประเภท	ความหมาย
2	CMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองการขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B ได้ถูกต้องและสามารถอธิบายการเตรียมขั้นตอนการผสมปุ๋ยได้ถูกต้อง
	ICMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองการขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B ได้ถูกต้องและสามารถอธิบายการเตรียมขั้นตอนการผสมปุ๋ยได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
	CFMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองการขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B ได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายการเตรียมขั้นตอนการผสมปุ๋ยได้ถูกต้อง หรือ นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองการขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B ได้ไม่ถูกต้องแต่สามารถอธิบายการเตรียมขั้นตอนการผสมปุ๋ยได้ถูกต้อง
	FMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองการขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B ได้ถูกต้อง แต่อธิบายการเตรียมขั้นตอนการผสมปุ๋ยได้ไม่สอดคล้องกลับแบบจำลอง
	IMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B ได้ไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความ
	NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพของขั้นตอนการผสมปุ๋ย A และ B

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 3

ชื่อ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ข้อ 1. นักเรียนทำการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย โดยทำการทดลองแล้วได้ผลดังนี้

ภาพ ก. จุดเดือดของน้ำ ที่อุณหภูมิ 100 °C	**ภาพ ข.** จุดเดือดของสารละลายที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 101 °C
	
ภาพระดับโมเลกุลของสารบริสุทธิ์	**ภาพระดับโมเลกุลของสารละลาย**

คำอธิบาย .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อ 2. จงวาดภาพโมเลกุลและอธิบายความแตกต่างที่ส่งผลถึงจุดเยือกแข็งของน้ำและกาแฟ จากเหตุการณ์ต่อไปนี้

"เมื่อนักเรียนต้องการทำกาแฟน้ำแข็ง เพื่อเอาไว้โปรโมทร้านกาแฟของที่บ้าน แต่ในช่องฟรีซของตู้เย็นก็แช่น้ำเพื่อทำน้ำแข็งก้อนทั่วไปด้วย พบว่าน้ำที่เอาไว้ทำเป็นน้ำแข็งแข็งตัวก่อน แต่กาแฟที่ตั้งใจให้เป็นกาแฟแข็งนั้นยังไม่แข็งตัว นักเรียนจึงปรับอุณหภูมิในตู้เย็นให้เย็นขึ้น พบว่ากาแฟกลายเป็นก้อนแข็งแล้ว"

ภาพโมเลกุลของน้ำแข็ง

ภาพโมเลกุลของกาแฟแข็ง

คำอธิบาย .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อ	ประเภท	ความหมาย
1	CMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของสารละลายได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดจุดเดือดของน้ำและสารละลายถึงไม่เท่ากันได้ครบทุกองค์ประกอบ
	ICMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของสารละลายได้ถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดจุดเดือดของน้ำและสารละลายถึงไม่เท่ากันถูกอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
	CFMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของสารละลายได้ถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายจุดเดือดของน้ำและสารละลายไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง หรือ นักเรียนวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลกุลของสารละลายไม่ถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายจุดเดือดของน้ำและสารละลายสอดคล้องกับแบบจำลอง
	FMM	นักเรียนวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของสารละลายไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลของที่ใช้ในการอธิบายจุดเดือดของน้ำและสารละลายไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง
	IMM	รูปภาพที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความ **หรือ**เขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
	NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพ

ข้อ	ประเภท	ความหมาย
2	CMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของกาแฟ ณ จุดเยือกแข็งได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดจุดเยือกแข็งของน้ำและสารละลายถึงไม่เท่ากันได้ครบทุกองค์ประกอบ
	ICMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของกาแฟ ณ จุดเยือกแข็งได้ถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดจุดเยือกแข็งของน้ำและกาแฟถึงไม่เท่ากันถูกอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
	CFMM	นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของกาแฟ ณ จุดเยือกแข็งได้ถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายจุดเยือกแข็งของน้ำและกาแฟไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง หรือ นักเรียนวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของกาแฟไม่ถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายจุดเยือกแข็งของน้ำและกาแฟสอดคล้องกับแบบจำลอง
	FMM	นักเรียนวาดแบบจำลองของโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของกาแฟไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลของที่ใช้ในการอธิบายจุดเดือดของน้ำและสารละลายไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง
	IMM	รูปภาพที่นักเรียนวาดไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความ **หรือ**เขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล
	NR	นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่แสดงรูปภาพ

ภาคผนวก ค
ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

วิชา เคมี 1 **เรื่อง สารละลาย**

แผนการสอนที่ **เวลาที่ใช้สอน 2**

ชั่วโมง

คำชี้แจง : แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้

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

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					
3.3	การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ					
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์					
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น					
3.7	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง					
3.8	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง					
3.9	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน					
3.10	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น					
3.11	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย					
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน					
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง					

ข้อเสนอแนะ

ด้านเนื้อหาสาระ

.....

.....

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

.....

ด้านอื่น ๆ (โปรดระบุ)

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน ...../...../.....

ตารางที่ 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการประเมิน	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**			**รวมคะแนน**	**ความเหมาะสม**
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ					
1.1สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	14	4.67
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3 การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	4	5	5	14	4.67
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	4	13	4.33
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	4	5	5	14	4.67
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	4	5	5	14	4.67
3.8 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	5	5	14	4.67
3.9 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน	4	5	5	14	4.67
3.10 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น	4	5	5	14	4.67
3.11 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	4	5	5	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้					
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3	5	5	13	4.33
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	3	5	5	13	4.33
เฉลี่ย	3.90	5	4.95	13.86	4.62
	4.62				
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด				

ตารางที่ 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย ความเข้มข้นของสารละลายในโมลาริตี โมแลล และเศษส่วนโมล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการประเมิน	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**			**รวมคะแนน**	**ความเหมาะสม**
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ					
1.1สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	14	4.67
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3 การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	4	5	5	14	4.67
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	4	13	4.33
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	4	5	5	14	4.67
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 26 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	4	5	5	14	4.67
3.8 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	5	5	14	4.67
3.9 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน	4	5	5	14	4.67
3.10 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น	4	5	5	14	4.67
3.11 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	4	5	4	13	4.33
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้					
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3	5	5	13	4.33
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	3	5	5	13	4.33
เฉลี่ย	3.90	5	4.90	13.81	4.60
	4.60				
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด				

ตารางที่ 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ					
1.1สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	14	4.67
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3 การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	4	5	5	14	4.67
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	4	13	4.33
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	4	5	5	14	4.67
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 27 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	4	5	5	14	4.67
3.8 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	5	5	14	4.67
3.9 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน	4	5	5	14	4.67
3.10 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น	4	5	5	14	4.67
3.11 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	4	5	5	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้					
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3	5	5	13	4.33
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	3	5	5	13	4.33
เฉลี่ย	3.90	5	4.95	13.86	4.62
	4.62				
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด				

ตารางที่ 28 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการประเมิน	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**			**รวมคะแนน**	**ความเหมาะสม**
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ					
1.1สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	14	4.67
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3 การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	4	5	4	13	4.33
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	4	13	4.33
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	4	5	5	14	4.67
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 28 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	4	5	5	14	4.67
3.8 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	5	5	14	4.67
3.9 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน	4	5	5	14	4.67
3.10 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น	4	5	5	14	4.67
3.11 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	4	5	5	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้					
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3	5	5	13	4.33
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	3	5	5	13	4.33
เฉลี่ย	3.90	5	4.90	13.81	4.60
	4.60				
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด				

ตารางที่ 29 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ					
1.1สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	14	4.67
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3 การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	4	5	5	14	4.67
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	4	13	4.33
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	4	5	5	14	4.67
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 29 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	4	5	5	14	4.67
3.8 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	5	5	14	4.67
3.9 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน	4	5	5	14	4.67
3.10 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น	4	5	5	14	4.67
3.11 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	4	5	5	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้					
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3	5	5	13	4.33
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	3	5	5	13	4.33
เฉลี่ย	3.90	5	4.95	13.86	4.62
	4.62				
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด				

ตารางที่ 30 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เรื่องย่อย สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายการประเมิน	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**			**รวมคะแนน**	**ความเหมาะสม**
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. สาระสำคัญ					
1.1สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	14	4.67
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนคลอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	5	5	14	4.67
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	4	5	5	14	4.67
3.3 การใช้สถานการณ์และข้อคำถามในขั้นที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	4	5	5	14	4.67
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	4	13	4.33
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	4	5	5	14	4.67
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 30 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	4	5	5	14	4.67
3.8 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	5	5	14	4.67
3.9 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน	4	5	5	14	4.67
3.10 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น	4	5	5	14	4.67
3.11 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	4	5	5	14	4.67
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้					
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4	5	5	14	4.67
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4	5	5	14	4.67
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3	5	5	13	4.33
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง	3	5	5	13	4.33
เฉลี่ย	3.90	5	4.95	13.86	4.62
	4.62				
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด				

ภาคผนวก ง
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ

ตารางที่ 31 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและส่วนในล้านส่วน							
1	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
2	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลริตี และเศษส่วนโมล							
3	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
4	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์							
1	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
2	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
เรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น							
3	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
4	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 33 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังการสอนครั้งที่ 3

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
เรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดของสารละลาย							
1	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
2	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
เรื่อง สมบัติเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งของสารละลาย							
3	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
4	ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 34 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างระดับคะแนนและการจัดกลุ่มความหมายของแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย หลังการสอนครั้งที่ 1

ข้อที่	ประเภทแบบจำลอง	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
2	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
3	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
4	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
เฉลี่ย		4	5	5	14	4.67
		4.67				

ตารางที่ 35 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างระดับคะแนนและการจัดกลุ่มความหมายของแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย หลังการสอนครั้งที่ 2

ข้อที่	ประเภทแบบจำลอง	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
2	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
3	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
4	CMM	3	5	5	13	4.33
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	3	5	5	13	4.33
	NR	5	5	5	15	5
เฉลี่ย		4	5	5	14	4.67
		4.67				

ตารางที่ 36 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างระดับคะแนนและการจัดกลุ่มความหมายของแบบจำลองทางความคิดของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย หลังการสอนครั้งที่ 3

ข้อที่	ประเภทแบบจำลอง	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	CMM	4	5	5	14	4.67
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	4	5	5	14	4.67
	NR	5	5	5	15	5
2	CMM	4	5	5	14	4.67
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	4	5	5	14	4.67
	NR	5	5	5	15	5
3	CMM	4	5	5	14	4.67
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	4	5	5	14	4.67
	NR	5	5	5	15	5
4	CMM	4	5	5	14	4.67
	ICMM	4	5	5	14	4.67
	CFMM	5	5	5	15	5
	FMM	4	5	5	14	4.67
	IMM	4	5	5	14	4.67
	NR	5	5	5	15	5
เฉลี่ย		4.33	5	5	14.33	4.76
		4.76				

ภาคผนวก จ
ผลการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด

ผลการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 37 การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดหลังเรียนทั้ง 3 ครั้งการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เรื่อง สารละลาย

นักเรียน	ระดับแบบจำลองทางความคิด					
	หลังเรียนครั้งที่ 1		หลังเรียนครั้งที่ 2		หลังเรียนครั้งที่ 3	
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2
S1*	CMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S2	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S3	ICMM	CFMM	ICMM	ICMM	CMM	ICMM
S4	ICMM	CMM	CMM	CMM	ICMM	ICMM
S5	CMM	ICMM	ICMM	ICMM	ICMM	ICMM
S6*	CMM	ICMM	ICMM	CMM	CMM	CMM
S7	CMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S8*	ICMM	CFMM	ICMM	CMM	CMM	CMM
S9*	CFMM	FMM	ICMM	CFMM	CMM	CMM
S10	CFMM	CMM	ICMM	ICMM	CFMM	ICMM
S11*	ICMM	CFMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S12*	FMM	FMM	CFMM	CFMM	ICMM	ICMM
S13	CFMM	FMM	CFMM	CFMM	FMM	FMM
S14*	FMM	FMM	FMM	CFMM	ICMM	ICMM
S15*	ICMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S16*	ICMM	FMM	FMM	FMM	CFMM	ICMM
S17*	ICMM	ICMM	ICMM	ICMM	CMM	CMM
S18	CMM	CMM	ICMM	ICMM	CFMM	ICMM
S19*	FMM	IMM	IMM	FMM	IMM	CFMM
S20*	CFMM	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S21*	CFMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S22	CFMM	FMM	CFMM	FMM	IMM	CFMM
S23*	CMM	ICMM	ICMM	ICMM	CMM	CMM
S24*	CFMM	IMM	CFMM	IMM	IMM	CFMM

ตารางที่ 37 (ต่อ)

นักเรียน	ระดับแบบจำลองทางความคิด					
	หลังเรียนครั้งที่ 1		หลังเรียนครั้งที่ 2		หลังเรียนครั้งที่ 3	
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2
S25	CFMM	FMM	ICMM	ICMM	FMM	FMM
S26	CMM	ICMM	ICMM	ICMM	FMM	FMM
S27	ICMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S28*	ICMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S29	CFMM	ICMM	ICMM	ICMM	CFMM	CFMM
S30	CFMM	FMM	ICMM	CMM	CFMM	CFMM
S31*	CFMM	ICMM	CMM	CMM	CMM	CMM
S32*	ICMM	CMM	ICMM	CMM	CMM	CMM
S33*	FMM	CFMM	ICMM	ICMM	CFMM	CFMM

*หมายเหตุ หมายถึงนักเรียนที่มีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่เห็นได้ชัด

ภาคผนวก ฉ
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2) / ว 403 วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2565
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์

ด้วย นางสาวญาดา ยวนพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2) / ว 403 วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2565
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด

ด้วย นางสาวญาดา ยวนพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว403

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

4 กุมภาพันธ์ 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.จรูญลักษณ์ วรโคตร

ด้วย นางสาวญาดา ยวนพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

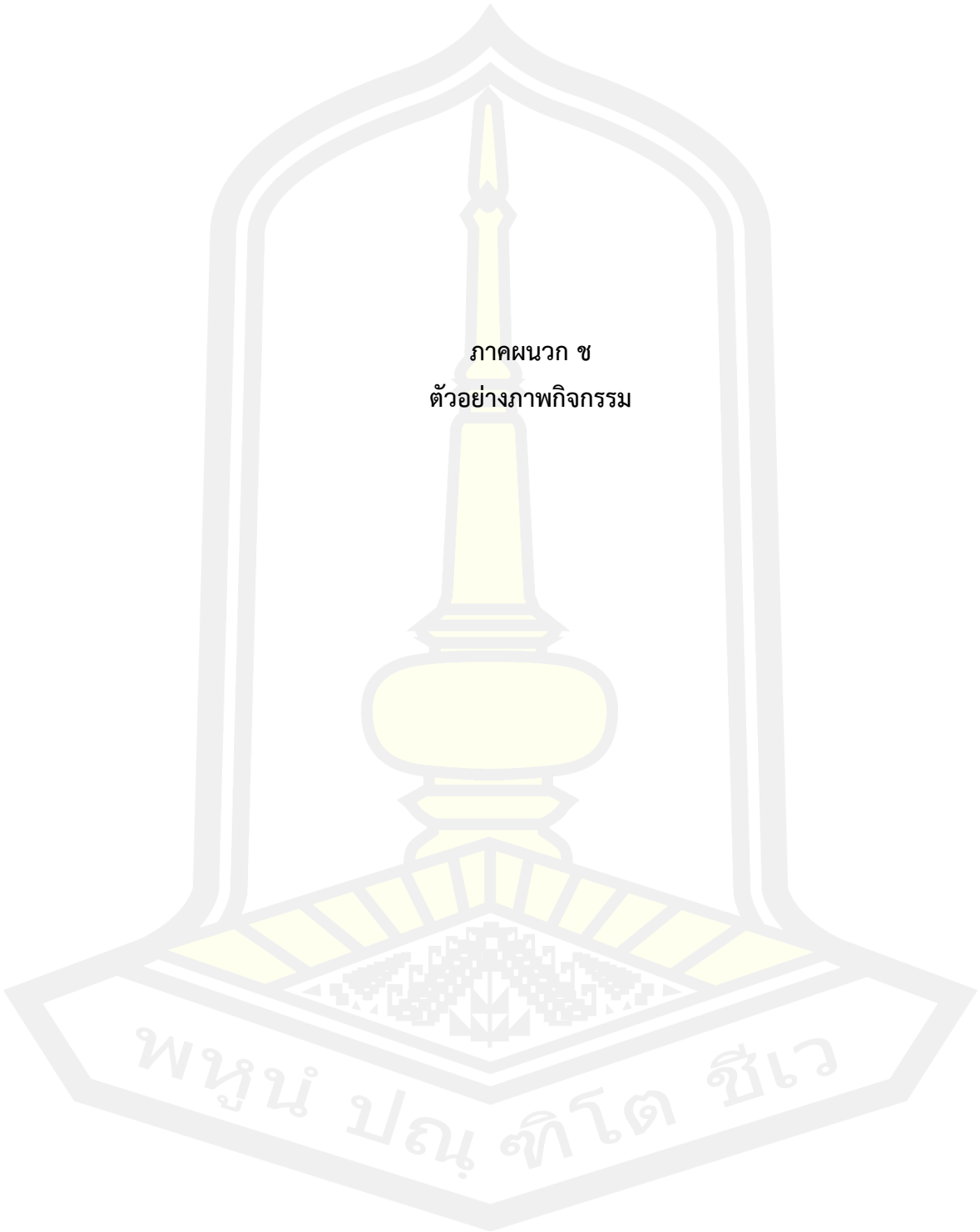
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

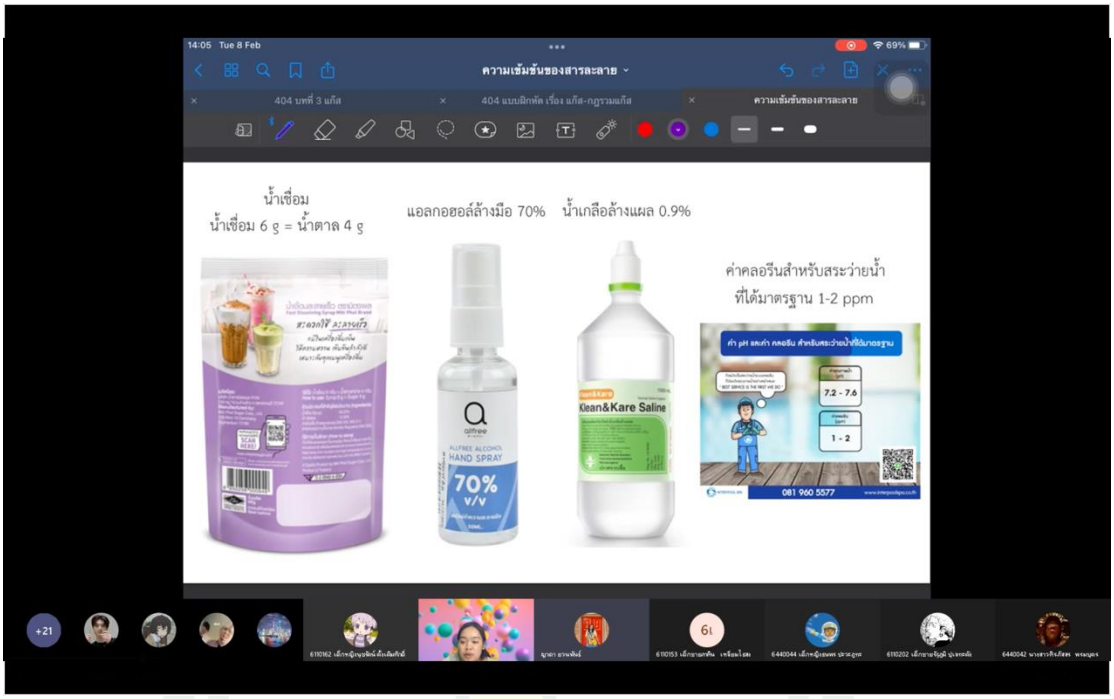
ขอแสดงความนับถือ

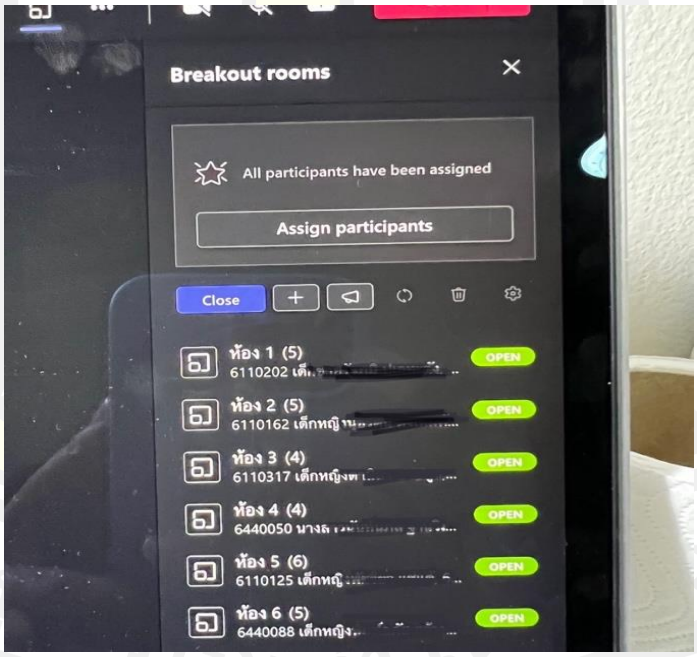
(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0881187232



ภาคผนวก ช
ตัวอย่างภาพกิจกรรม





ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ MCIS ในชั้นเรียนออนไลน์ (การสอนครั้งที่ 1 และ 3)

ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ MCIS ในชั้นเรียนปกติ (การสอนครั้งที่ 2)

ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ MCIS ในชั้นเรียนปกติ (การสอนครั้งที่ 2)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวญาดา ยวนพันธ์
วันเกิด	วันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 75 หมู่ 2 ตำบลศรีแก้ว อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ รหัสไปรษณีย์ 33240
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีสิริเกศ จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-