# การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กนกภรณ์ ทรวดทรง

การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรินภา กิจเกื้อกูล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2563

# ประกาศคุณูปการ

การวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรินภา กิจเกื้อกูล อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ท่านผู้ให้คำปรึกษาและให้คำชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการทำการวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ และท่านยังเป็นผู้ตรวจสอบข้อบกพร่องให้ผู้วิจัยได้กลับไปแก้ไขเพื่อประโยชน์ต่อการทำการวิจัยให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นในตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงและกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาและที่ได้อุตสาห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิทยาการและมวลประสบการณ์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาและดำเนินการวิจัย

กราบขอบพระคุณ ดร.สุริยา ชาปู่ คุณครูรัชนี โสดถานา และคุณครูอิศรา อยู่หว่าง ผู้เชี่ยวชาญที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับเครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้ และขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมืออย่างยิ่งในการเก็บข้อมูล ในการทำวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งผู้อำนวยการ และคณะครูโรงเรียนมัธยมศึกษาที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้เข้าเก็บข้อมูลวิจัย

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

กนกภรณ์ ทรวดทรง

| | |
|---|---|
| **ชื่อเรื่อง** | การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 |
| **ผู้ศึกษาค้นคว้า** | กนกภรณ์ ทรวดทรง |
| **ที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล |
| **ประเภทสารนิพนธ์** | การค้นคว้าอิสระ, กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562 |
| **คำสำคัญ** | แบบจำลองเป็นฐาน, เทคโนโลยีเสมือนจริง, ทักษะการสร้างแบบจำลอง, มโนทัศน์ |

## บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงคุณภาพนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่มุ่งส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สารละลาย รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการ ประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และแบบสำรวจมโนทัศน์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ควรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ 1) สร้างแบบจำลอง 2) แสดงแบบจำลอง 3) ทดสอบแบบจำลอง 4) ประเมินแบบจำลอง โดยนำเทคโนโลยีเสมือนจริงไปใช้ในขั้น 3 เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นรูปธรรม ทั้งนี้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ อีกทั้งทักษะเหล่านี้ยังช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องสารละลาย โดยเฉพาะเรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย

| | |
|---|---|
| **Title** | MODEL-BASED LEARNING APPROACH INTEGRATED WITH AUGMENTED REALITY FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENTS' MODEL-BUILDING SKILLS AND SCIENTIFIC CONCEPTIONS IN SOLUTION TOPIC |
| **Author** | Kanokphorn Suradsrong |
| **Advisor** | Assistant Professor Sirinapa Kijkuakul, Ph.D. |
| **Academic Paper** | Independent Study ,M.Ed. in Science Education , Naresuan University, 2019 |
| **Keywords** | model-based learning, Augmented Reality technology, model-building skill, concept |


## ABSTRACT

This qualitative research aims to develop a way to implement the model-based learning approach integrated with Augmented Reality technology to enhance students' model-building skills and scientific conceptions in the solution topic. Research design was the action research consisting of Plan, Action, Observe and Reflect, which had been continued in 3 cycles. The participants were 45 Grade 10 students. Research instruments included lesson plans, reflective journals, semi-structured observations, 3D model, semi-structured interviews and scientific conception test. Data were analyzed by content analysis and critiqued data creditability with resource and method triangulations. Research results revealed that Model-based learning approach consist of 4 steps included 1) Creation of the model, 2) Expression of the model, 3) Test of the model, 4) Evaluation of the model. Also, the Augmented Reality technology was proceeded in step 3 to support the students' more concrete model-building skill. Furthermore, the students appeared to have development of the skills of creating, evaluating, improving and applying their model. Also the skills helped them to have scientific conceptions in the solution topic, especially the colligative properties of solution.

# สารบัญ


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | **บทนำ** | 1 |
| | ความเป็นมาของปัญหา | 1 |
| | คำถามของการวิจัย | 4 |
| | จุดมุ่งหมายของการวิจัย | 5 |
| | ขอบเขตของงานวิจัย | 5 |
| | นิยามศัพท์เฉพาะ | 6 |
| | ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 7 |
| 2 | **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 9 |
| | หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ | 11 |
| | ทักษะการสร้างแบบจำลอง | 15 |
| | การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | 18 |
| | เทคโนโลยีเสมือนจริง | 29 |
| | มโนทัศน์ | 34 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 37 |
| 3 | **วิธีดำเนินการวิจัย** | 41 |
| | ผู้เข้าร่วมวิจัย | 41 |
| | แบบแผนการวิจัย | 41 |
| | เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 43 |
| | การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย | 45 |
| | การเก็บรวบรวมข้อมูล | 55 |
| | การวิเคราะห์ข้อมูล | 60 |

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| | ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ..... | 63 |
| 4 | **ผลการวิจัย**..... | 65 |
| | ตอนที่ 1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย..... | 65 |
| | ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย..... | 104 |
| | ตอนที่ 3 ผลการศึกษามโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย..... | 115 |
| 5 | **บทสรุป**..... | 165 |
| | สรุปผลการวิจัย ..... | 165 |
| | อภิปรายผลการวิจัย..... | 172 |
| | ข้อเสนอแนะ..... | 174 |
| **บรรณานุกรม**..... | | 176 |
| **ภาคผนวก**..... | | 180 |
| **ประวัติผู้วิจัย**..... | | 212 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่4..... | 13 |
| 2 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัย ผู้ให้ข้อมูล เครื่องมือการวิจัยและกาวิเคราะห์ข้อมูล..... | 44 |
| 3 | แสดงรายละเอียดชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ ชิ้นงานของนักเรียนและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ..... | 48 |
| 4 | แสดงการวิเคราะห์มโนทัศน์ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย..... | 52 |
| 5 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย..... | 58 |
| 6 | แสดงระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง..... | 61 |
| 7 | แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ และแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย..... | 98 |
| 8 | แสดงผลของระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง..... | 104 |
| 9 | แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง (n =45)..... | 141 |

# สารบัญภาพ

ภาพ หน้า


1 แบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์..... 16
2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง..... 23
3 กรอบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 24
4 กระบวนการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน..... 25
5 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ QR Code จากแอปพลิเคชัน Zappar..... 67
6 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ Virtual experiment จากแอปพลิเคชัน Vidinoti..... 68
7 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ Colligative properties test จากแอปพลิเคชัน Vidinoti.. 68
8 การนำเสนอแบบจำลอง QR code เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ของนักเรียน..... 75
9 การนำเสนอแบบจำลอง Virtual experiment เรื่อง การเตรียมสารละลาย ของนักเรียน..... 85
10 การนำเสนอแบบจำลอง Colligative properties test เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... 94
11 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้น QR code..... 105
12 จำนวนร้อยละของนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสาระลาย..... 106
13 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง การเตรียมสารละลาย Virtual experiment..... 109
14 จำนวนร้อยละของนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 110
15 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย Colligative properties test..... 112
16 จำนวนร้อยละของนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสาระลาย..... 113

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 17 | จำนวนร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ | 116 |
| 18 | จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสาระลายในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ | 117 |
| 19 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ที่คลาดเคลื่อนเป็นบางส่วนและมีบางส่วนที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ในภาพน้ำเกลือ | 118 |
| 20 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ที่คลาดเคลื่อนเป็นบางส่วนและมีบางส่วนที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ในภาพน้ำเชื่อม | 118 |
| 21 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องในการแยกองค์ประกอบของน้ำเกลือ | 119 |
| 22 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องในการแยกองค์ประกอบของน้ำเชื่อม | 119 |
| 23 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในการแยกองค์ประกอบของน้ำเกลือ | 120 |
| 24 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ในการแยกองค์ประกอบของน้ำเชื่อม | 120 |
| 25 | จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ เรื่อง การเตรียมสาระลาย ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ | 121 |
| 26 | แบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย | 122 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 27 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องในการเตรียมสารละลาย | 123 |
| 28 | จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ เรื่อง สมบัติบางประการของสาระลายในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากชิ้นงานแบบจำลอง 2 | 124 |
| 29 | แบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย | 125 |
| 30 | คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้อง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย | 126 |
| 31 | จำนวนร้อยละของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย | 127 |
| 32 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) ของกลุ่มที่ 3 | 129 |
| 33 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของกลุ่มที่ 6 | 130 |
| 34 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (PU+MU) ของกลุ่มที่ 8 | 131 |
| 35 | จำนวนร้อยละของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย | 132 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 36 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง การเตรียมสารละลายที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) ของกลุ่มที่ 9..... | 133 |
| 37 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง การเตรียมสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของกลุ่มที่ 2..... | 134 |
| 38 | จำนวนร้อยละของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... | 136 |
| 39 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลายที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) ของกลุ่มที่ 8..... | 137 |
| 40 | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของกลุ่มที่ 6..... | 138 |
| 41 | จำนวนร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง..... | 140 |
| 42 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S16 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย..... | 143 |
| 43 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S42 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย..... | 143 |
| 44 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S24 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย.. | 144 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 45 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S18 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 2 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย..... | 145 |
| 46 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S44 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 2 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย... | 146 |
| 47 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S2 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย..... | 147 |
| 48 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย..... | 148 |
| 49 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S22จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย... | 148 |
| 50 | ตัวอย่างไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (NU) ของนักเรียน S15 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย..... | 149 |
| 51 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S4 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... | 150 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า


52 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S32 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 151

53 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S27 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 151

54 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S17 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 5 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 152

55 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S23 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 5 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 153

56 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S19 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 5 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 153

57 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S 8 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 6 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 154

58 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S9 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 6 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 155

59 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S10 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 6 เรื่อง การเตรียมสารละลาย..... 155

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 60 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S28 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 7 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... | 156 |
| 61 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S34 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 7 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... | 157 |
| 62 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 7 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย... | 158 |
| 63 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S28 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 8 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... | 158 |
| 64 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S6 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 8 เรื่อง สมบัติบางประการ ของสารละลาย..... | 159 |
| 65 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S31 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 9 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... | 160 |
| 66 | ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S11 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 9 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย..... | 161 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

67 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S29 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 9 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย... 161

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาของปัญหา

วิชาเคมีเป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร เนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ เน้นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสาร ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การเปลี่ยนแปลงระดับมหภาค (macroscopic) 2)การเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาค (microscopic) และ 3)การเปลี่ยนแปลงระดับสัญลักษณ์ (symbolic) โดยการเปลี่ยนแปลงระดับมหภาค เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์ทางเคมีที่สามารถมองเห็นและสังเกตได้ แต่การเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอมและโมเลกุล ส่วนในการเปลี่ยนแปลงระดับสัญลักษณ์เป็นการอธิบายที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างระดับมหภาคและระดับจุลภาค โดยการเขียนด้วยสัญลักษณ์ทางเคมี (Johnstone, 1993 as cited in Gilbert, 2004) ฉะนั้นในการเรียนรู้วิชาเคมีจำเป็นต้องอาศัยการเรียนรู้ผ่านแบบจำลองและมุ่งเน้นให้นักเรียนคิดอย่างนักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

ทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ การสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบ หรือ อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและเข้าใจในมโนทัศน์ที่แฝงอยู่ในแบบจำลองนั้น การสร้างแบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีส่วนช่วยเสริมให้ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวความคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมผ่านสื่อกลางหรือตัวแทนความคิดที่เรียกว่าแบบจำลอง ด้วยธรรมชาติเนื้อหาของวิชาเคมีมีความสัมพันธ์ระหว่างอะตอมและโมเลกุลที่อยู่ในรูปแบบเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จึงส่งผลต่อการเรียนรู้ เนื่องด้วยเกี่ยวข้องกับสิ่งที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ ซึ่งส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองของผู้เรียน หากมโนทัศน์ของผู้เรียนไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยผู้เรียนจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลองและประสบการณ์วิทยาศาสตร์อื่นๆ และเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจนี้ไปยังประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ (Jacobson and Bergman, 1999: 120, 130) ซึ่งการที่บุคคลจะมีการรู้วิทยาศาสตร์ได้นั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือการมี

ความรู้แล้วความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน เนื่องจากเป็นพื้นฐานที่สำคัญซึ่งบุคคลใช้ในการบรรยายหรืออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (National Science Education Standards:NSES, 1996:22) ดังนั้นการที่นักเรียนไม่มีมโนทัศน์หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถพูดหรือเขียนเพื่ออธิบายความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ และนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงหรือประยุกต์มโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (Halloun, 1998:240)

จากงานวิจัยของ ศักดิ์ศรี สุภาษร และคณะ (2559) พบว่า จากการพัฒนาความเข้าใจมโนมติ เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การปฏิบัติการส่วนใหญ่ยังขาดการเชื่อมโยงมโนมติสำคัญในระดับมหภาคและระดับโมเลกุล ซึ่งมโนมิติในวิชาเคมีจำนวนมากเกี่ยวข้องกับเรื่องนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ อาจส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติในระดับมหภาคถูกต้อง แต่อาจมีมโนมติคลาดเคลื่อนในระดับโมเลกุลหรือระดับจุลภาคได้ แบบจำลองทางความคิดจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยในการสร้างมโนคติทางการเรียนของนักเรียน (Glynn andDuit, 1995) และมีบทบาทอย่างมากในการทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในระดับจุลภาค ทั้งนี้เพราะเนื้อหาและหลักการในวิชาเคมีจำนวนมากเกี่ยวข้องกับการแสดงผลในระดับจุลภาคซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถเข้าถึงได้จากกระบวนการรับรู้โดยตรง (Briggs and Brother, 2005) ดังนั้นนักเรียนต้องสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาเพื่อทำความเข้าใจมโนทัศน์ที่สัมผัสไม่ได้และมองไม่เห็นเหล่านี้ให้สามารถเชื่อมโยงกับโลกในระดับมหภาคให้ได้ (Johnstone, 1993) ทักษะการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการเรียนรู้วิชาเคมี โดยผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองได้ดีจะสามารถเรียนรู้และเข้าใจวิชาเคมีได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระดับมหภาคเข้ากับระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ (Greenbowe, 2003; Suporn, 2012; Yang, Andreand)

สำหรับปัญหาในการเรียนรู้เนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เกิดจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถจินตนาการเนื้อหาที่อยู่ในระดับจุลภาคได้จะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำเนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเรียนรู้เนื้อหาด้วยวิธีการท่องจำแทนการทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ (ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ, 2557) สอดคล้องกับปัญหาในห้องเรียนของผู้วิจัย จากประสบการณ์ในการสอนและการสัมภาษณ์ โดยการสุ่มถามนักเรียนซึ่งมีระดับความสามารถเก่งปานกลางและอ่อน เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เพื่อให้ทราบถึงแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนได้แสดงออกมาว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ พบว่า

นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากไม่สามารถเข้าใจในองค์ประกอบของสารละลาย และแยกไม่ได้ว่าสารใดเป็นตัวละลายหรือตัวทำละลาย และเมื่อนักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองเพื่ออธิบายแบบจำลองอะตอมในแต่ละแบบ โดยการวาดรูป 2 มิติและอธิบายรูปดังกล่าวเป็นข้อความที่เข้าใจตามความคิดของตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ถูกต้อง และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และส่งผลให้นักเรียนขาดทักษะการสร้างแบบจำลอง นอกจากนั้นในห้องเรียนของผู้วิจัยที่สอนวิชาเคมีแบบบรรยายเป็นหลัก โดยเฉพาะเรื่องสารละลาย เพราะผู้วิจัยเห็นว่าน่าจะเป็นเรื่องยากที่จะจัดกิจกรรมหรือการทดลองที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพเป็นรูปธรรม ทำให้นักเรียนมองว่าเนื้อหาในเรื่องสารละลายเป็นเรื่องที่ต้องใช้การท่องจำมากกว่าความเข้าใจ นักเรียนเข้ามาเรียนเพื่อรับฟังตามเนื้อหาที่ครูบอก ไม่มีโอกาสได้ใช้ความคิดและลงมือสำรวจตรวจสอบอย่างนักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสนใจและไม่ให้ความสำคัญในการเรียนเรื่องนี้เท่าที่ควร

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) คือ กระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นๆอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยให้นักเรียนจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น (Barak and Hussein-Farrai, 2013) และทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง พัฒนาแบบจำลองและพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด จากนั้นนักเรียนแสดงออกแบบจำลองในลักษณะคำพูด รูปภาพและสัญลักษณ์ และนำแบบจำลองทางความคิดมาทำการทดสอบและประเมินโดยการทำไปทดลองใช้ และประเมินดูว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีพอหรือไม่ ถ้าแบบจำลองถูกปฏิเสธ นักเรียนจะต้องกลับไปปรับปรุงหรือแก้ไขแบบจำลอง พร้อมทั้งนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Gibert and Justi, 2016) ซึ่งการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางความคิด จะช่วยแก้ปัญหาในข้อจำกัดด้านจินตนาการภาพและการมองภาพของผู้เรียนทำให้เกิดการเรียนรู้ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (สมศักดิ์ เตชะโกสิท และฌมน จีรังสุวรรณ, 2556 อ้างอิงใน ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ, 2557)

ในปัจจุบันความเจริญของเทคโนโลยีมีการขยายขอบเขตการประมวลผลข้อมูลไปสู่การสร้างและการผลิตสารสนเทศ ซึ่งเรียกว่า ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT) หรือยุคไอที ด้านการศึกษานั้นได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการจัดการเรียนการสอน สื่อเทคโนโลยีที่มีความแปลกใหม่ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชุดการเรียนรู้ เพื่อให้เกิด

เป็นสื่อประสมที่น่าสนใจเร้าใจผู้เรียนในยุคปัจจุบัน คือ เทคโนโลยี AR (Augmented Reality) มาจัดการเรียนรู้เป็นมิติใหม่ทางด้านสื่อการศึกษา สร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) เป็นเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Reality) และเสมือนจริง (Virtual) เข้าด้วยกัน ผ่านวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผล โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมได้ทันที มีลักษณะเป็นทั้งภาพนิ่ง 3 มิติ ภาพเคลื่อนไหว และรวมไปถึงภาพเคลื่อนไหวที่มีเสียงประกอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบ สามารถนำองค์ความรู้ด้าน AR มาประยุกต์สร้างสื่อการสอนได้ (ไพฑูรย์ ศรีฟ้า, 2556)

จากปัญหาและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง มาใช้ในการสอนวิชาเคมีเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารละลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีจุดมุ่งหมายในการศึกษามโนทัศน์เรื่องสร้างละลายและพัฒนาการของทักษะการสร้างแบบจำลองและ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และช่วยจัดระบบเนื้อหาที่มีจำนวนมากและซับซ้อน ผ่านการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งถ้านักเรียนได้นำแบบจำลองไปใช้อธิบาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่จะช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่มากขึ้น

**คำถามของการวิจัย**

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลายจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย มีการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลองหรือไม่ อย่างไร
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลายมีมโนทัศน์ที่เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

**จุดมุ่งหมายของการศึกษา**

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่จะช่วยพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

3. เพื่อศึกษามโนทัศน์ของนักเรียน เรื่อง สารละลายที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

**ขอบเขตของงานวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตออกเป็น 4 ด้าน คือ ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย สิ่งที่ศึกษา และขอบเขตด้านเวลา ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหา วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

2. ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่ในจังหวัดพิจิตร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ภาคเรียน นักเรียน จำนวน 45 คน

3. สิ่งที่ศึกษา

3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

3.2 ทักษะการสร้างแบบจำลอง

3.3 มโนทัศน์

4. ขอบเขตด้านเวลา

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นฐาน ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 15 ชั่วโมง แบ่งเป็น 5 ชั่วโมงต่อ 1 วงจรปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis (1988

อ้างอิงในสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) (วงจร PAOR มี 4 ขั้นตอนได้ ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง หมายถึง การสร้างแบบจำลองขึ้นมาในการเรียนการสอน ในลักษณะ 3 มิติ เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในเรื่องสารละลาย โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองนั้นอย่างต่อเนื่อง มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง เป็นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับเรื่องสารละลาย โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม

1.2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยการสร้างแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ซึ่งเป็นการนำโลกแห่งความเป็นจริง (real world) มาผสานเข้ากับโลกเสมือน (virtual world) โดยใช้วิธีการซ้อนภาพสามมิติที่จัดทำขึ้นซึ่งอยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่สามารถมองผ่านอุปกรณ์ ได้แก่ กล้องมือถือสมาร์ทโฟน ในรูปแบบ 3 มิติ ที่มีมุมมอง 360 องศา

1.3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านกิจกรรมการสร้าง QR Code, Virtual experiment และ Colligative properties test เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายกิจกรรมนั้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

1.4 ขั้นการประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

2. ทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การสร้างแบบจำลองที่แสดงความรู้ ความคิดและความเข้าใจของนักเรียนและใช้แบบจำลองนั้น เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา รวมถึงการนำเสนอแบบจำลองนั้น โดยสะท้อนให้เห็นถึงมโนทัศน์และความสำเร็จ วัดได้จากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และแบบสังเกตกึ่งโครงสร้างประกอบด้วยการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ ตามแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) Fortus et al. (2010) และ Baek et al. (2010)

3. มโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย หมายถึง ความคิดหลักหรือความคิดสำคัญเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารละลาย วัดได้จากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงมโนทัศน์ที่นำมาสร้างแบบจำลองและแบบสำรวจมโนทัศน์ที่ใช้หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อสอบ 2 ทาง (two-tired) ประกอบด้วยส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก และเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1998, p.361-374) กล่าวถึงเกณฑ์ในการจัดกลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound Understanding, SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2. กลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding, PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยขนาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. กลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding and Misunderstanding, PU+MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4. กลุ่มที่ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (Non-scientific Understanding, NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบผิด และอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5. กลุ่มที่ไม่มีมโนทัศน์ (No Understanding, NO) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในครั้งนี้ผู้วิจัย คาดว่าจะได้รับประโยชน์ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่สามารถส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหารายวิชาต่างๆ ได้

2. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหารายวิชาเคมีต่อไป

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่องสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    - 1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
    - 1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์
    - 1.3 สาระเคมีและผลการเรียนรู้
    - 1.4 ธรรมชาติของวิชาเคมี
2. ทักษะการสร้างแบบจำลอง
    - 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา
    - 2.2 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง
    - 2.3 ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง
    - 2.4 แนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง
    - 2.5 แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    - 3.1 ความหมายของแบบจำลอง
    - 3.2 ประเภทของแบบจำลอง
    - 3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    - 3.4 บทบาทของครูผู้สอน
    - 3.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
4. เทคโนโลยีเสมือนจริง
    - 4.1 ความหมายของเทคโนโลยีเสมือนจริง
    - 4.2 ประเภทของเทคโนโลยีเสมือนจริง
    - 4.3 องค์ประกอบของเทคโนโลยีเสมือนจริง

4.4 หลักการของเทคโนโลยีเสมือนจริง

4.5 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในด้านการศึกษา

5. มโนทัศน์

5.1 ความหมายของมโนทัศน์

5.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5.3 ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

5.4 สาเหตุของความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

**1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

**1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์**

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1.1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

1.1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

1.1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

1.1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

1.1.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

1.1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

1.1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

จากเป้าหมายดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนเรียนในสิ่งที่เป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560) ได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ไปพร้อมๆ กัน ทั้งนี้จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เป้าหมายของ

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ คือ มุ่งให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะสร้างความรู้เกี่ยวเหตุการณ์ วัตถุ ระบบ และปรากฏการณ์ต่างๆ จากแบบจำลองความคิดของตนเอง (Mental models) และจะสื่อสารแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) ในหลายรูปแบบเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจ ในรูปแบบที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นนักเรียนต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองและเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2546) อันเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนครูควรสนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสทำความเข้าใจ ได้สร้างและใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะประสบความสำเร็จได้นั้น นอกจากครูจะรู้ถึงวิธีการสอนแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือจะต้องรู้ถึงวิธีการเรียนรู้และการสร้างความรู้ของนักเรียนด้วย

**1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560)

**1.3 สาระเคมี**

เข้าใจหลักการทำปฏิกิริยาเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

**ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|---|---|---|
| ม.4 | 9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ | สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล |
| | 10. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด | การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลายหรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ |
| | 11. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย | สารละลายมีจุดเดือดและจุดเยือกแข็งแตกต่างไปจากสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวทำละลายในสารละลาย โดยสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวละลายในตัวทำละลายและชนิดของตัวทำละลาย |

**1.4 ธรรมชาติของวิชาเคมี**

แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิชาเคมี (ชาตรี ฝายคำตา, 2560) ได้อธิบายไว้ว่า เคมีเป็นการศึกษาและการอธิบายลักษณะของสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารในเชิงคุณภาพ ในขณะที่ฟิสิกส์เป็นการอธิบายลักษณะทางกายภาพของสิ่งต่างๆ ในเชิงปริมาณหรือตัวเลขทางคณิตศาสตร์ สำหรับชีววิทยาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนกหรือจัดประเภทของสิ่งมีชีวิต เคมีมีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาที่เน้นศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร ดังนั้นในการอธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารจึงมีลักษณะที่แตกต่างกับสาขาอื่น โดยมักมีการอธิบายปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) ดังนี้

การอธิบายระดับมหภาค คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสสารที่สังเกตได้ เช่น การอธิบายว่าเกิดอะไรขึ้นเมื่อเติมเกลือลงในน้ำ นักเคมีมักเริ่มต้นจากการอธิบายสสาร โดยใช้สมบัติที่สังเกตได้ก่อน เช่น สถานะ อุณหภูมิ ความดัน ค่า pH เป็นต้น สมบัติเหล่านี้เป็นสมบัติที่สามารถเห็นและวัดได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการหรือแม้แต่ในชีวิตประจำวัน

การอธิบายระดับจุลภาค คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสสารที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น การอธิบายว่าโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำอย่างไร นักเคมีจึงพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายเชิงเหตุและผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยการอธิบายดังกล่าวเป็นการอธิบายสมบัติและกระบวนการของสสารในระดับอนุภาค

การอธิบายระดับสัญลักษณ์ คือ การอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการอธิบายระดับมหภาคและระดับจุลภาค สัญลักษณ์ทางเคมีอาจจะเป็นสัญลักษณ์ของธาตุ สมการเคมี สูตรโมเลกุล แบบจำลองอะตอมหรือสัญลักษณ์อื่นๆ ที่แทนสสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น การใช้สมการเคมีเพื่ออธิบายการละลายของเกลือที่เกิดขึ้น นักเคมีอธิบายความรู้ทางเคมีโดยใช้แบบจำลองแนวคิด (Conceptual model) ที่แสดงทางความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก ซึ่งแสดงออกมาได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สมการทางคณิตศาสตร์ ภาษาหรืออาจใช้เป็นสัญลักษณ์เฉพาะ เช่น สูตรเคมีของสารประกอบ นอกจากนี้นักเคมียังเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอแบบจำลองแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อเน้นสมบัติเฉพาะ การสร้างแบบจำลองและตัวแทนทางความคิดเป็นลักษณะเฉพาะของเคมีและเป็นศาสตร์ของจินตภาพหรือจินตทัศน์ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้เห็นว่าจินตทัศน์มีบทบาทสำคัญมากต้องการทำงานของนักเคมีในปัจจุบัน โดยเมื่อนักเคมีศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคต่างๆ นักเคมีมักจะพัฒนา

แบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนอนุภาคเหล่านั้น เช่น แบบจำลองอนุภาค โครงสร้างสารเคมี สูตรเคมี สมการ สัญลักษณ์ เป็นต้น และนักเคมีมักใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสสารในระดับอนุภาค เช่น การแสดงสมการเคมีเพื่ออธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

วิธีการทางเคมีประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ การจัดจำแนก ปฏิบัติการเคมี และแนวคิดทางเคมี (ชาตรี ฝายคำตา, 2560)

1. การจัดจำแนกเป็นวิธีที่ใช้มาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยนักเคมีจัดจำแนกสาร สิ่งของ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อให้ง่ายต้องการศึกษา เช่น การจัดจำแนกสารเป็นสารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม การจัดธาตุตามตารางธาตุ การจำแนกปฏิกิริยาออกเป็นปฏิกิริยาที่เกิดสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ โดยจะเห็นว่านักเคมีในอดีตมักสนใจศึกษาและจัดจำแนกสารบริสุทธิ์หรือสารละลายมากกว่าสารผสมที่พบในธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะการศึกษาสิ่งเหล่านั้นเป็นตัวแทนที่เกิดจากการทำให้สิ่งที่ซับซ้อนในธรรมชาติกลายเป็นสิ่งที่ง่ายขึ้น

2. ปฏิกิริยาทางเคมี คือ การทำการทดลองหรือการใช้เครื่องมือเพื่อศึกษาสารและปฏิกิริยาของสารรวมทั้งการสังเคราะห์ เช่น การสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ การใช้เครื่องมือสเปกโตรสโกปีเพื่อหาปริมาณของสาร เป็นต้น

3. แนวคิดทางเคมี เป็นการใช้ภาพและแบบจำลองในลักษณะต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนอธิบายและทำนายพฤติกรรมสสาร เช่น นักเคมีจะใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบจำลองของสารประกอบอินทรีย์เพื่อทำนายกลไกของปฏิกิริยาและทำนายว่าหากนำสารบางชนิดมาทำปฏิกิริยากันจะเกิดกลไกอย่างไรและได้สารผลิตภัณฑ์ใด เป็นต้น

## 2. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

### 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism)

ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาหรือทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) พัฒนาขึ้นโดยศาสตราจารย์ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์(Massachusetts Institute of Technology : M I T) (พจนา ทรัพย์สมาน, 2550 และทิศนา แขมมณี, 2552) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจท์(JeanPiaget) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ (Constructivism) ซึ่ง ซี มัวร์ เพเพอร์ท (Papert, 1993) ได้กล่าวว่าทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) เกิดขึ้นเพราะต้องการสื่อความหมายของคำ 2 คำ คือ

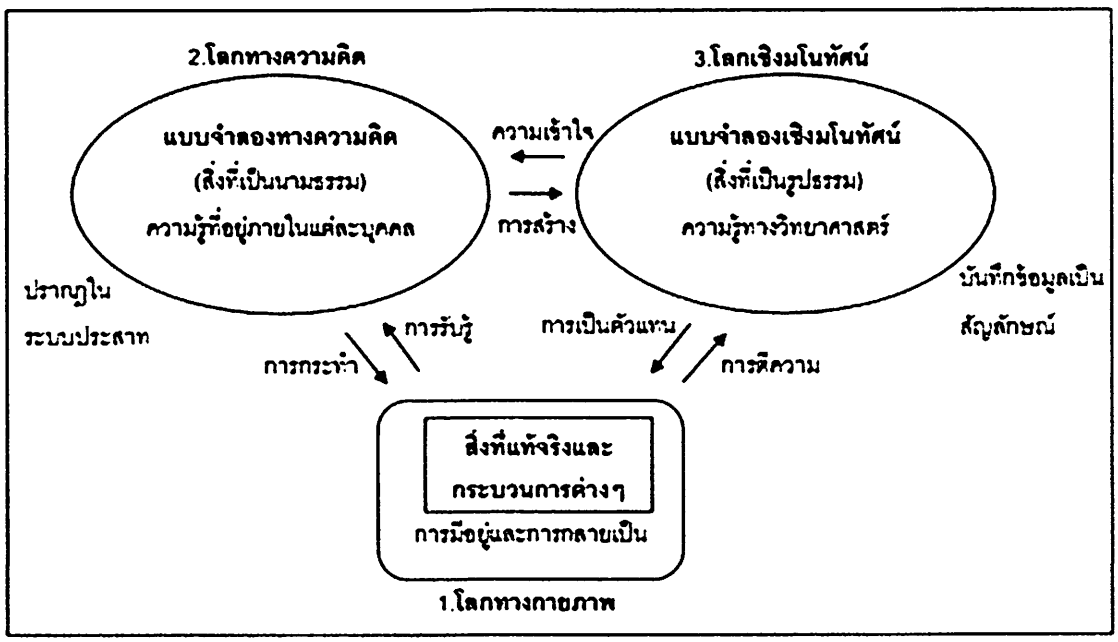
1. Constructivism คือ การเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา โดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้

ตามพัฒนาการทางความคิดด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการซึมซับและกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนจะได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากความรู้ไม่ได้มาจากครูหรือผู้สอนเพียงอย่างเดียวแต่เกิดจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติค้นคว้าและเกิดปฏิสัมพันธ์ภายในสมองระหว่างความรู้ใหม่และความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิม

2. Construction Set คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างสิ่งต่างๆ ดังนั้นทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) จึงมีแนวคิดว่า ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการสร้างสิ่งต่างๆเป็นชิ้นงานที่สร้างสรรค์ด้วยตัวเอง โดยเมื่อผู้เรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยตัวเอง ผู้เรียนก็จะสร้างความรู้ใหม่ด้วยถึงแม้ว่าทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) จะสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มของสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ได้ก็ตาม แต่จุดเด่นของทฤษฎีนี้ คือ นักเรียนมีโอกาสสร้างความคิด ความรู้ด้วยตนเองและนำความคิดความรู้นั้นไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม

**2. 2 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง**

เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายโครงสร้างของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดย Hestenes (2006) ได้สร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Models) ว่าควรสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาไว้ดังนี้




**ภาพ 1 แบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์** (Hestenes, 2006:12)

**2.3 ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง**

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2556) ได้ให้ความหมายทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ นำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจรูปของแบบจำลองแบบต่างๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ หุ่น เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2561) ได้ให้ความหมายทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ การสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ รูปภาพ แผนผัง ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ รวมถึงการนำเสนอข้อมูล แนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่างๆ

สรุปได้ว่า ทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ การสร้างภาพวาด แผนการทดลอง ตาราง แผนภูมิแท่ง กราฟ สมการ หรือเขียนข้อความที่แสดงความรู้ ความคิดและความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งใช้ในการตั้งสมมติฐาน อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ทางกายภาพและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

**2.4 แนวทางการวัดการสร้างแบบจำลอง**

องค์ประกอบของการสร้างแบบจำลองมี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ด้านการเลือก และการสร้าง กล่าวคือ เป็นการคำนึงถึงความสอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี ซึ่งหมายความถึง การอ้างอิงและการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการสร้างแบบจำลอง 2) ด้านการวิเคราะห์ และการประเมิน กล่าวคือ เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างหรือการแสดงความหมายของแบบจำลองซึ่งมีความหมายเดียวกันกับการประเมินการสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงข้อมูลหรืออธิบายคุณสมบัติและเหตุการณ์ และจากผลการวิจัยของ Fortus et al. (2010) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาพัฒนาการการสร้างแบบจำลองและการรู้คิดในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระดับเกรด 11 พบว่า ความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลองนั้นขึ้นอยู่กับการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS แต่จะส่งผลต่อนักเรียนในประถมศึกษาตอนปลาย และมัธยมศึกษาตอนต้น จึงเป็นเหตุผลที่จะไม่พิจารณาความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลอง และจากการพิจารณาถึงความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS จึงสามารถสรุปถึงองค์ประกอบได้ดังนี้

ทักษะการสร้างแบบจำลองมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน เนื่องจากภาระงานของนักเรียนเป็นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติและผลงาน ทำให้วิธีประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติงานจัดเป็นการประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ (Performance Task) คือ กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้

ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะ โดยอาจประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นหรือกระบวนการที่นักเรียนใช้สร้างผลงานจนสำเร็จ 2) เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน (Nitko and Brookhart, 2007:244; สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552:70)

ฉะนั้นแนวทางการวัดและประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองจะวัดจากแบบสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) Fortus et al. (2010) และ Baek et al. (2010)และแบบสัมภาษณ์การนำเสนอแบบจำลอง

**2.5 แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง**

1) แบบวัด (Test) มีลักษณะเป็นการกำหนดข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ที่มีข้อมูลประกอบ ลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบให้เติมคำตอบโดยการวาดแบบจำลองและอธิบายคำตอบหรือการจับคู่แบบถูกผิด

2) เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) มีลักษณะเป็นเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์แบบแยกแยะประเด็น (Analytical Rubrics) ซึ่งใช้ประเมินคุณภาพแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ปรับใช้ตามแนวคิดของ Guttersrud (2007)

**3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

**3.1 ความหมายของแบบจำลอง**

จากการที่ผู้วิจัยได้ไปศึกษาแบบจำลองจากแหล่งข้อมูลต่างๆ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านที่ให้ความหมายแบบจำลอง (Model) ไว้ มีดังต่อไปนี้

ชาตรี ฝายคำตา และคณะ (2557, หน้า 87-88) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์นำไปใช้เพื่ออธิบายหลักการ แนวคิดทฤษฎีหรือกฎ หรือเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบที่นำไปเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

ฮามิดีะ มูสอ (2555, หน้า 16) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่นๆ เรียกว่า "เป้าหมาย (Target)" ประกอบด้วย แบบจำลองทางความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

Gilbert and Ireton (2003 อ้างอิงใน ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า สิ่งต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่ออธิบายแนวคิด ทฤษฎี กฎ หรืออาจกล่าวได้ว่า แบบจำลอง คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนระบบอื่นๆ เรียกว่า เป้าหมาย (Target) ได้แก่ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ ปรากฏการณ์ต่างๆ

Schwarz, et al. (2009, p.632) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าเป็นสิ่งที่ทำให้เข้าถึงวิทยาศาสตร์และเป็นศูนย์กลางของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

Lee and Kim (2013) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าเป็นสิ่งที่แสดงโครงสร้างทางความคิด องค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ใช้เพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

สรุปได้ว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่แสดงถึงพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นและสัมผัสได้หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งสามารถอธิบายพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นให้ผู้อื่นฟังด้วยความเข้าใจ

**3.2 ประเภทของแบบจำลอง**

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์พบว่า มีด้วยกันหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาพบว่า ประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ 1) การจำแนกตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ 2) การจำแนกตามรูปแบบของการเป็นตัวแทนทางความคิด (Forms of representation หรือ Modes of Representation) โดยมีรายละเอียดของแต่ละเกณฑ์ดังนี้ การจำแนกตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีนักวิชาการได้ศึกษาและจัดประเภทของแบบจำลองไว้ ดังต่อไปนี้

Gilbert, Boulter and Emer (2000, p.12; Gilbert, 2004, p.117-118) ได้จำแนกแบบจำลองตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) คือ การเป็นตัวแทนทางสติปัญญาเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้น และอยู่ภายในความคิดของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) คือ การเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดที่บุคคลได้สื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้

3. แบบจำลองที่เป็นมติ (Consensus Model) คือ แบบจำลองที่แสดงออกซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคล หรือชั้นเรียนที่ศึกษาเรื่องนั้นๆ จากการได้อภิปราย หรือทำการทดลองจนมีความเห็นร่วมกัน

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) คือ แบบจำลองที่แสดงออกที่ได้รับ

การยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ จากการได้ทดสอบด้วยการทดลองและเผยแพร่ผ่านวารสารเชิงวิทยาการต่อไป หรือเป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจตรวจสอบและสร้างขึ้น เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ เช่น แบบจำลองอะตอมของซโรดิงเจอร์ เป็นต้น

5. แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical Model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของนีล โบร์ แบบจำลองการนำไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม เป็นต้น

6. แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร (Curricular Models) คือ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ที่อยู่ในรูปแบบของการทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

7. แบบจำลองที่ใช้ในการสอน (Teaching Models) คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร เช่น การใช้แนวเทียบของอะตอมกับระบบสุริยะ เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถพัฒนาได้โดยครูผู้สอนหรือนักเรียน

8. แบบจำลองผสม (Hybrid Models) คือ แบบจำลองที่ครูผู้สอนได้รวบรวมลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตรในบริบทของการสืบสอบ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ใช้สำหรับการเรียนการสอนหรือระบุเพิ่มเติมไว้ในหลักสูตร

Frigg and Hartmann (2006) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท

1. แบบจำลองวัตถุ (Physical Object) เป็นแบบจำลองที่เป็นวัสดุ เช่น แบบจำลองเรือ แบบจำลอง DNA ของวัตสันและเครกส์ แบบจำลองอวัยวะภายในต่างๆ แบบจำลองประดิษฐ์ (Fictional Objects) เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นหน้าที่การทำงาน เน้นให้เห็นลักษณะกลไกการทำงานของแบบจำลอง

2. แบบจำลองโครงสร้างทฤษฎี (Set-theoretic Structures) เป็นแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของทฤษฎี เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3. แบบจำลองพรรณนา (Descriptions) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอรายละเอียดความสัมพันธ์ภายในระบบ เป็นการอธิบายแบบจำลอง เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ อธิบายได้ว่าประกอบด้วยการโคจรเป็นรูปวงรีของดาวเคราะห์ไปรอบดวงอาทิตย์

พรรณวิไล ชมชิด (2552, หน้า 33-34) กล่าวว่า แบบจำลองที่นำมาใช้อธิบายสิ่งต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจมีหลายลักษณะ โดย Gilber (2005, p.9-27) ได้จำแนกแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจากเหตุผลของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ โดยแบบจำลองที่นำมาใช้แสดงออกเพื่อนำเสนอสิ่งต่างๆ ให้เข้าใจง่ายขึ้น จำแนกเป็น 5 ลักษณะ ได้แก่

2.1 รูปธรรม (Concrete Model) เป็นแบบจำลองที่เป็นวัตถุในลักษณะสามมิติที่มาสามารถสัมผัสได้ ถ้าแบบจำลองนั้นมีรูปร่างลักษณะเหมือนกับเป้าหมายแต่มีขนาดเล็กกว่า (ย่อส่วน) จึงเรียก แบบจำลองประเภทนี้ว่า Scale Model เช่น แบบจำลองพลาสติกของการะสวยอวกาศ เป็นต้น แต่ถ้าแบบจำลองนั้นมีรูปร่างลักษณะ สัดส่วนไม่เหมือนกับเป้าหมายแต่มีองค์ประกอบที่สามารถอธิบายเป้าหมายได้ เรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า Functional Model เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ เป็นต้น

2.2 คำพูด (Verbal Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำพูดหรือข้อความในการบรรยาย อธิบาย หรือเปรียบเทียบข้อความต่างๆ ตัวอย่างเช่น คำพูดที่ว่า "หัวใจเปรียบเสมือนปั๊ม" เป็นต้น

2.3 คณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ ได้แก่ สัญลักษณ์พื้นฐาน (=,<,>) สูตรหรือสมการ เช่น สมการการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ เป็นต้น

2.4 ภาพ (Visual Diagrammatic Model) เป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะสองมิติที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น กราฟ แผนภาพ พิมพ์เขียว ผังแนวคิด รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5 ลักษณะท่าทาง (Gestural Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่ของนักเรียนรอบคนอื่นเพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น แบบจำลองมติของกลุ่ม (Conssensus

Model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ที่ศึกษาเรื่องนั้นๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของนักเรียนในชั้นเรียน

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) เป็นแบบจำลองที่ได้ยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ แบบจำลองแสดงปรากฏการณ์ช้างขึ้นช้างแรม

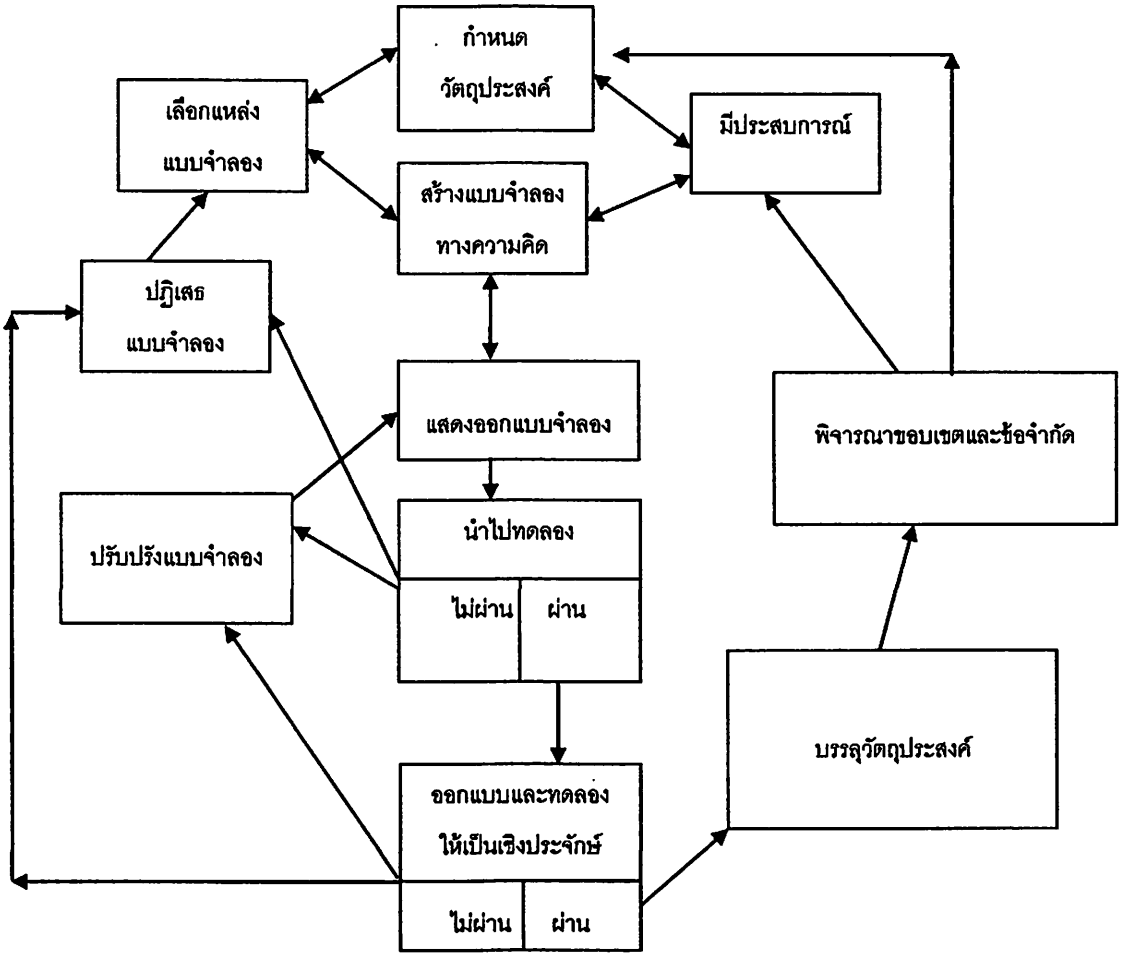
4. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical Model) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของนีล โบร์ เป็นต้น

สรุปได้ว่า การแบ่งประเภทของแบบจำลอง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการอธิบายแบบจำลองนั้นๆ รวมวิธีหรือกระบวนการที่จะนำแบบจำลองประเภทต่างๆ ไปใช้งาน ดังนั้นประเภทของแบบจำลองแต่ละประเภทจะเรียกชื่อของแบบจำลองอย่างไรก็ได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

**3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ศึกษา ได้มีนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตามรายละเอียด ดังนี้

Justi and Gibert (2016) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลองการสร้างแบบจำลองเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แสดงดังภาพ 2




**ภาพ 2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง**

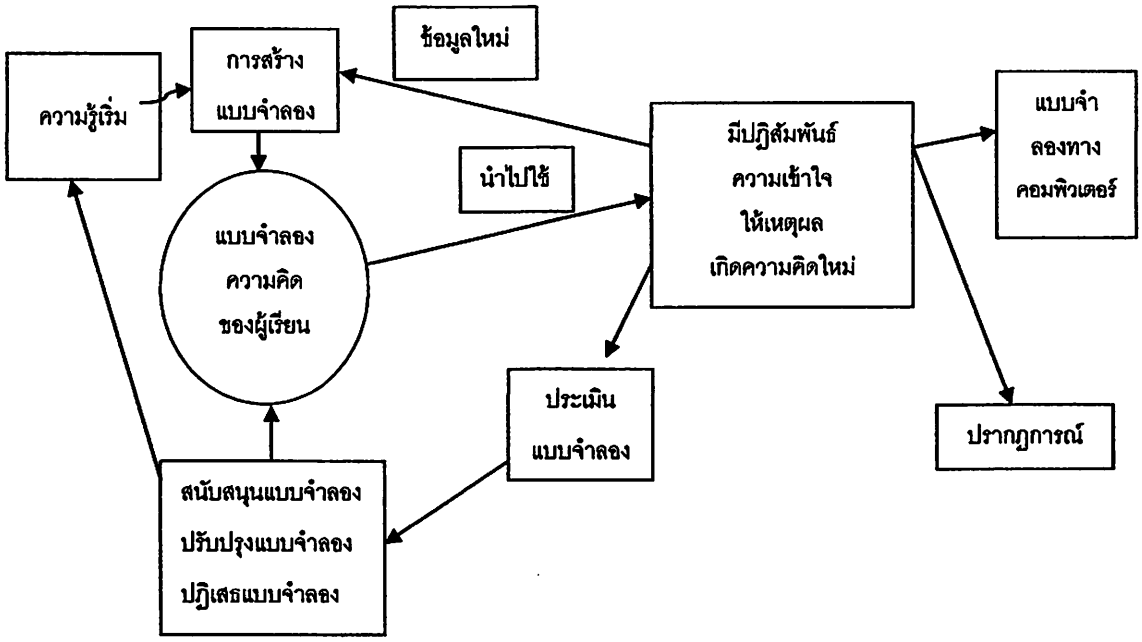
ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองนั้น Gobert and Buckley (2004) ได้จัดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นลำดับ ดังนี้

1. ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา
3. ผู้เรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้นๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างนั้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

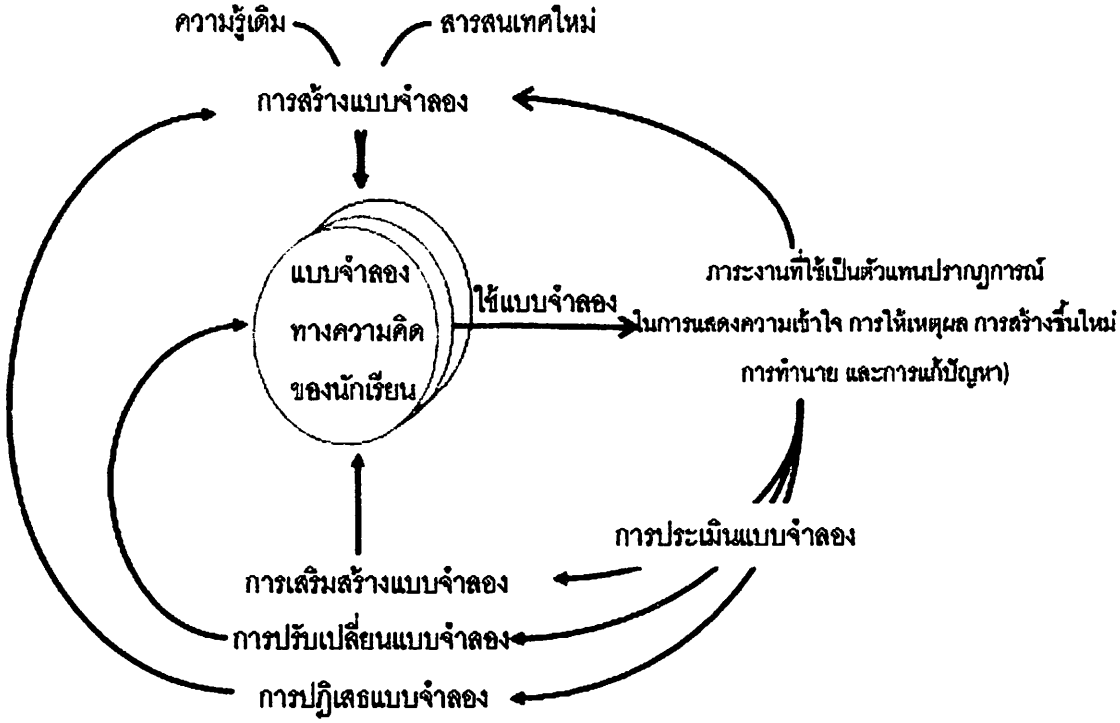
จากข้อมูลข้างต้น Buckley,et al (2004) ได้สรุปกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร แสดงดังภาพ 3 ดังนี้




**ภาพ 3 กรอบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน** (Buckley,et al., 2004, p.24)

จากกรอบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเริ่มต้นจากการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนทางวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ และกระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลอง หากไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นๆ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน เมื่อนักเรียนปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้มีความเหมาะสมแล้วจึงนำแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นต่อไป

Buckley, et al.(2010) ได้ระบุขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร แสดงดังภาพ 4 ดังนี้




**ภาพ 4 กระบวนการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน** (Buckley ,et al., 2010, p.169)

จากแผนภาพข้างต้นกระบวนการการเรียนรู้ของนักเรียนอธิบายได้ดังนี้ ในการตอบสนองภาระงานของครู นักเรียนจะเขียนแบบจำลองจากความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับระหว่างการสร้างแบบจำลอง เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวบรวมจากหลายๆแหล่ง ได้แก่ ประสบการณ์ตรงที่ได้รับจากปรากฏการณ์ วีดิทัศน์ หรือสถานการณ์จำลอง หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับการเป็นตัวแทนที่หลากหลาย (Representation) และแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Models) เป็นต้น และความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจอยู่ในลักษณะแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์เพียงบางส่วนหรือแบบจำลองที่ยังไม่สมบูรณ์ซึ่งยังไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองทางความคิดนี้ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่นักเรียนคนอื่นสร้างขึ้น รวมไปถึงการใช้เพื่อทดสอบแบบจำลองทางความคิดของตัวนักเรียนเอง ถ้านักเรียนใช้แบบจำลองตามภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จ กล่าวคือ แบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้ หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้วแบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด แต่

อย่างไรก็ตามถ้าแบบจำลองดังกล่าวเกิดความไม่สอดคล้อง หรือแบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนอาจจะปฏิเสธแบบจำลองดังกล่าวและสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่อีกครั้ง หรือปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างไว้ในตอนเริ่มต้นโดยการปรับปรุงแก้ไขเพียงบางส่วน หรืออาจปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างไว้ในตอนเริ่มต้นโดยการปรับปรุงแก้ไขเพียงบางส่วน หรือเพิ่มเติมและรวบรวมแบบจำลองที่มีอยู่เพื่อทำให้เป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ นักเรียนที่สร้างแบบจำลองจนเกิดความชำนาญจะสามารถปรับเปลี่ยนการแสดง การเป็นตัวแทนลักษณะของปรากฏการณ์โดยมีความสอดคล้องและเป็นไปตามภาระงานที่ได้รับ (Buckley and Boulter , 2000, p.122 ;Buckley,et al., 2004, p.24 อ้างอิงใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554, หน้า 19)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Gilbert and Justi (2016) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและสอดคล้องกับการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้โดยมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลอง เป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม

ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเองในรูปแบบต่างๆ เช่น การวาดภาพ เขียนอธิบายและการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ หากไม่เหมาะสมใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

โดยสรุปแล้วแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ เนื่องจากแบบจำลองทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับโลกของความเป็นจริงและช่วยนำเสนอและอธิบายสิ่งต่างๆที่เป็นนามธรรมให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) นอกจากนี้แบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิดของตน แสดงออกถึงความคิดอย่างเป็นระบบ (Windschill and Thompson, 2006) บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง ครูมีความสำคัญในฐานะผู้อำนวยความสะดวกในการสร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด

เพื่อให้สร้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแต่ละคน ให้คำแนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองและเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด ชี้แนะให้นักเรียนเห็นธรรมชาติของแบบจำลอง ข้อจำกัดของแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจากแบบจำลอง (กฤษณา โภคพันธ์, 2554, หน้า 35) ด้วยเหตุนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

**3.4 บทบาทของครูผู้สอน**

ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทสำคัญที่จะต้องวางแผนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีบทบาทขณะจัดการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้ (ชาตรี ฝายคำตา, 2557, หน้า 93)

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมาโดยสื่อสารได้หลากหลายช่องทาง เช่น คำพูด ภาพวาด เป็นต้น

2. ล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนเพื่อนำข้อมูลไปเชื่อมต่อในกระบวนการจัดการเรียนการสอนขั้นต่อไป อาจทำโดยการสัมภาษณ์สั้นๆหรือมีการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิดโดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์แนวคิดในส่วนต่างๆ หรือมีการวาดภาพเพื่อแสดงการเปรียบเทียบ

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและมีการสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลายๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป แสดงความสัมพันธ์บางสิ่งทางคณิตศาสตร์

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู โดยแสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อร่วมชั้นได้เข้าใจแบบจำลองแนวคิดของตน

7. ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไร ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาไม่ว่าจะเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมถึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนได้อธิบายแบบจำลองแนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและคำตอบด้วย

ภาษาของนักเรียนเอง

8. กระตุ้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวนักเรียนเองฝึกสร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนเข้าสู่ชีวิตประจำวันได้

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนถึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์อย่างไร นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรหรือไม่ที่จะเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองนี้ แม้กระทั่งนักเรียนอาจตอบคำถามนี้ได้ เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมตรง.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้

จากข้อมูลข้างต้นหน้าที่ของครูผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องมีลักษณะที่เป็นเสมือนผู้สนับสนุน คอยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาในเชิงวิทยาศาสตร์โดยอาจจะตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มาอ้างอิง กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาในรูปแบบรูปธรรมมากที่สุด กระตุ้นให้นักเรียนโต้แย้งร่วมกันโดยใช้เหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกันควรเป็นคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไร ที่ไหน ทำไม และอย่างไร ซึ่งบทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้ แสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องกับครูยุคใหม่แห่งศตวรรษที่ 21 ที่คอยเป็นผู้สนับสนุนให้แก่นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

**3.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานดังต่อไปนี้

Windschillet,et al.(2008) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติไว้ดังต่อไปนี้

1. สามารถพัฒนาและสร้างคำอธิบายได้ทุกประเด็น
2. ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลาย หรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายที่จะทดสอบและแก้ไขปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
3. ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับบริบท
4. ทำให้นักเรียนมีการอ้างถึงประจักษ์พยานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น
5. ทำให้นักเรียนใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

6. ทำให้นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างมีเหตุและผลบนพื้นฐานกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต

7. ทำให้นักเรียนใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผลตลอดจนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้ทุกแง่มุม

Lee,et al. (2013) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังต่อไปนี้

1. สามารถทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จและมีความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์
2. สามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและได้แนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
3. มีญาณวิทยา (Epistemological) หรือทฤษฎีความรู้ (Theory of knowledge)
4. นักเรียนจะเกิดแนวคิดที่ขัดแย้งกันภายในกลุ่มทำให้เกิดการอภิปรายร่วมกันด้วยเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาแนวคิดที่ขัดแย้งโดยการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น

จากประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์โดยเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาและแบบจำลองนั้นจะผ่านการตรวจสอบหรือประเมินจนกระทั่งได้คำตอบที่มีความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ มีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เข้ามาสนับสนุน แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้น สามารถปรับปรุงแก้ไขจนกระทั่งได้แบบจำลองที่มีความสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปประยุกต์ใช้แก้ไขในสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน

## 4. เทคโนโลยีเสมือนจริง

### 4.1 ความหมายของเทคโนโลยีเสมือนจริง

เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augumented Reality หรือ AR) ถือเป็นสื่อยุคใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจจากหลากหลายประเทศ ซึ่งได้มีผู้ให้คำจำกัดความของเทคโนโลยีเสมือนจริงไว้ต่างๆ ดังนี้

Azuma's (1997) ได้ให้ความหมายว่า ออกเมนเต็ดเรียลลิตีเป็นการผสมผสานกันระหว่างความจริงกับสิ่งเสมือนจริงในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งนำมาเชื่อมโยงหรือปฏิสัมพันธ์กันของสองสิ่งในเวลาจริงหรือในเวลาปัจจุบันขณะนั้น โดยการใช้ภาพแบบสามมิติ

พนิดา ตันศิริ (2553 : 169-17) ได้ให้ความหมายว่า Augmented Reality เป็นประเภทหนึ่ง ของเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่มีการนำระบบความจริงเสมือนมาผนวกกับเทคโนโลยีภาพ เพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า (2556) ได้ให้ความหมายไว้ว่า Augumented Reality เป็นเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Reality) และความเสมือนจริง (Virtual) เข้าด้วยกันผ่านวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Webcam, Computer, Pattern, Software และอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ มอนิเตอร์ โปรเจคเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผล โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่ง สามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบ

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์ (2554) ได้ให้ความหมายว่า เทคโนโลยีเสมือนจริง คือ เทคโนโลยีที่ผสานระหว่างโลกการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเป็นจริง (Real world) เข้ากับปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง (Virtual world) โดยผ่านเทคนิคแสดงผลสามมิติจากกล้องเว็ปแคม ทำให้เกิดการซ้อนทับระหว่างภาพในโลกแห่งความเป็นจริงกับภาพที่เกิดขึ้นในโลกเสมือน ซึ่งการผสมผสานของภาพที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเกิดขึ้นจากการได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันเป็นสำคัญ

อภิชาต อนุกูล และภูวดล บัวบางพล (2556 อ้างอิงใน ณัฐกานต์ ภาคพรต, 2557) เรียกเทคโนโลยีเสมือนจริงด้วยคำย่อว่า AR หรือย่อมาจาดคำว่า Augumented Reality เป็นการนำเอาภาพกราฟฟิกของคอมพิวเตอร์ทั้งในรูปแบบที่เป็น 3D,2D หรือ Video มาซ้อนทับเข้ากับฉากหลังซึ่งเป็นภาพในเวลาจริง (Realtime)

สรุปได้ว่า เทคโนโลยีเสมือนจริง คือ เทคโนโลยีที่ผสานโลกแห่งความจริงและเสมือนจริงเข้าด้วยกัน โดยจะมีการประมวลผลเพื่อแสดงเป็นกราฟิกต่างๆ เช่น ภาพนิ่ง สามมิติ ภาพเคลื่อนไหวขึ้นมาร่วมกับสภาพแวดล้อมจริง ทำให้เห็นเป็นภาพสามมิติในหน้าจอผ่านกล้องดิจิตอลของคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ โดยในงานวิจัยนี้จะนำเทคโนโลยีเสมือนจริงเข้าไปใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ทำแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้นักเรียนได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

**4.2 ประเภทของเทคโนโลยีเสมือนจริง**

พนิดา ตันศิริ (2553 อ้างอิงใน ณัฐกานต์ ภาคพรต, 2557) แบ่งประเภทของเทคโนโลยีเสมือนจริงตามการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆที่อยู่ในภาพวิเคราะห์ (Markerless based AR)

1. การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยมาร์เกอร์ เป็นหลักในการทำงาน (Marker Based Augumented Reality) ส่วนใหญ่จะใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยการเขียนรหัสการใช้งานเพื่อให้เกิดเป็นภาพ 3 มิติในรูปแบบต่างๆ หรือในบางครั้งก็เป็น QR Code ซึ่งถือว่าเป็นรูปแบบการนำเสนอที่ได้รับความนิยมมากที่สุดรูปแบบหนึ่ง เพราะเป็นหลักการที่ง่ายต่อการปฏิบัติและสะดวกในการผลิตเนื้อหาที่สุด

2. การวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less Based Augumented Reality)

**4.3 องค์ประกอบของเทคโนโลยีเสมือนจริง**

อภิชาต อนุกูลเวช และภูวดล บัวบางพล (2556 อ้างอิงใน ณัฐกานต์ ภาคพรต, 2557) แบ่งองค์ประกอบของเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการทำงานเป็น 4 ส่วน คือ

1. AR – Maker คือ ส่วนที่กำหนดมุมมองและตำแหน่งในการวางวัตถุเสมือนให้กับคอมพิวเตอร์ โดยมีหลักการออกแบบว่าต้องเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปภาพไม่ซับซ้อนหรือเล็กเกินไป รูปภายในจะต้องมองในมุมทั้งสี่มุม จะต้องมีความแตกต่างกันหมดทุกมุมมองกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ควรใช้กระดาษไม่มันหรือสะท้อนแสง

2. กล้อง Webcam หรือกล้องแสดงภาพจริง ทำการจับภาพของ AR – Marker เพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล

3. เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งบรรจุโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์หา AR – Marker จากนั้นเลือกนำวัตถุเสมือนที่ได้ระบุไว้ตรงกับ AR – Marker

4. หน้าจอแสดงผลทำหน้าที่แสดงผลสิ่งแวดล้อมในเวลาจริงและวัตถุเสมือนที่คอมพิวเตอร์ได้วางไว้ขึ้นมาแสดง

Ronald (1997 อ้างอิงใน ณัฐกานต์ ภาคพรต, 2557) กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของเทคโนโลยีเสมือนจริงไว้ว่าจะต้องประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 3 สิ่งด้วยกัน คือ มีความเสมือนจริง (Combines Real and Virtual) มีปฏิสัมพันธ์ในเวลาจริง (Interactive in Real Time) และมีลักษณะเป็น 3 มิติ (Registed in 3D)

**4.4 หลักการของเทคโนโลยีเสมือนจริง**

พนิดา ตันศิริ (2553 อ้างอิงใน พงษ์ศักดิ์ วงศ์แดง และคณะ, 2559) ได้อธิบายหลักการทำงานภายในของเทคโนโลยีเสมือนจริง ซึ่งประกอบไปด้วย 3 หลักการ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์ (Marker) จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของมาร์คเกอร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของมาร์คเกอร์

2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) ของมาร์คเกอร์ เทียบกับกล้อง

3. กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้จนได้ภาพกราฟิกไปซ้อนทับรูปจริง

**4.5 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในด้านการศึกษา**

ด้านการศึกษา โลกเสมือนภาษาโลกจริง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ให้ข้อมูลสาระกับผู้เรียนได้ทันทีผู้เรียนได้สัมผัสกับประสบการณ์ใหม่ในมิติที่เสมือนจริง ผู้เรียนเกิดกระบวนการร่วมกันเรียนรู้ ครูผู้สอนเสริมสร้างความรู้ของผู้เรียนผ่านการสาธิต การสนทนา รูปแบบการเรียนรู้จะปรับเปลี่ยนเป็นโลกเสมือนผสานโลกจริงมากขึ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจลึกซึ้งในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ สถานศึกษา นักการศึกษา ผู้สอนจะเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในการนำเทคโนโลยีเสมือนผสานโลกจริงมาใช้ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ มีความหมายลึกมากขึ้น โดยการเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้เรียนรู้กับสถานที่ หรือวัตถุที่เฉพาะเจาะจง เหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียนรู้ด้วยภาพสามมิติโดยการผนวกเข้ากับการเรียนรู้แบบสำรวจ ด้วยเทคโนโลยีมือถือและอุปกรณ์สมัยใหม่ที่ทำให้การเรียน สามารถขยายออกหรือย้ายการเรียนสู่นอกห้องเรียนได้มากขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้จากรูปแบบเดิม และในบางกรณีเทคโนโลยีเสมือนภาษาโลกจริง สามารถผนวกเข้ากับรูปแบบการเรียนรู้อื่นๆ เข้าไป เช่น การนำมาใช้กับเกมการศึกษา นำมาใช้กับกิจกรรมเสริมการทำงานเป็นทีมและการนำมาใช้กับการเรียนรู้แบบท้าทาย เป็นต้น

สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยโลกเสมือนผสานโลกจริง นอกจากมีคุณลักษณะดังกล่าวแล้ว องค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ด้วยการสร้างโลกเสมือนผสานโลกจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับตัวเข้ากับความต้องการของผู้เรียนสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนโดยได้รับการสนับสนุนด้วยการกำหนดบทบาทของครูผู้สอนและกระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย (Hannes, 2007)

1. บทบาทครู ครูทำหน้าที่ออกแบบพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดและอธิบายขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียน ครูดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนหากเป็นไปได้ ควรดำเนินการออกแบบและพัฒนากิจกรรมก่อนที่จะจัดการเรียนรู้จริงของผู้เรียนและสลับกลับไปมาระหว่างการเรียนรู้ โดยต้องสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายในการสร้างองค์ความรู้ ครูจะสอนหนึ่งคนหรือหลายหลายคนก็ได้

2. การสอนแบบปกติ ควรจัดการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบและพัฒนาที่เรียกว่า "played" เป็นพื้นที่ในการทำกิจกรรม มีบริเวณให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าทั้งแบบเดียว และแบบกลุ่มร่วมกับการให้คำอธิบายของครูผู้สอนและเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองตามกระบวนการหรือเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า ตลอดจนให้ผู้เรียนได้ทำซ้ำๆ โดยได้รับคำแนะนำจากครูผู้สอน

3. การสอนแบบอัตโนมัติ ในส่วนนี้เป็นการให้ผู้เรียนได้ดำเนินการหรือจัดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยได้รับฟังคำอธิบายที่บันทึกไว้ล่วงหน้าของตน ตามขั้นตอนสร้างกระบวนการแสวงหาคำตอบ ให้คำแนะนำกันเองของผู้เรียนมีการบันทึกสนทนาการพูดคุยหรือการใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างของตนเอง

4. การทดสอบและการประเมิน เมื่อผู้เรียนดำเนินการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตั้งแต่เริ่มจนจบในขั้นตอนสุดท้ายควรมีการตรวจสอบการเรียนรู้และทำการบันทึกผลการทดสอบต่างๆ ที่ได้หรือการเก็บข้อมูลจากการสังเกตของครูผู้สอน และการประเมินตนเองของผู้เรียนแนวคิดหลักของออคเมนเต็ดเรียลลิตี้ คือการพัฒนาเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริงเขาด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวของ ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ บนเครื่องฉายภาพ หรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่นๆ โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธกับผู้ใช้ได้ทันที ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่งสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบว่าให้ออกมาแบบใด

สรุป ในบรรดาเทคโนโลยี มีอยู่กลุ่มหนึ่งของเทคโนโลยีที่น่าสนใจและสามารถเข้าถึงได้ก็คือ การผสมผสานระหว่างสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เป็นประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นได้จริงจากการผสมผสานโลกเสมือนจริงกับโลกจริงจะตอบสนองต่อการเรียนรู้ และรวมถึงความหลากหลายของส่วนประกอบหรืออุปกรณ์อื่นๆ บางอย่างของโลกแห่งความจริง เช่น พื้นที่ ระยะทาง ลักษณะทางกายภาพวัตถุจริง เงื่อนไขหรือข้อกำหนดของสภาพแวดล้อมจริง โดยสามารถนำข้อมูลส่ง ประมวลผลและสามารถผสมผสานกับวัตถุแบบดิจิตอลได้ ช่วยเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ การค้นคว้า หาความรู้ของผู้เรียน เกิดปฏิสัมพันธ์กับโลกเสมือนผสานโลกจริงที่ช่วยลดรอยต่อของการปฏิสัมพันธ์ ระหว่างโลกจริงกับโลกเสมือน นักการศึกษาควรศึกษาวิจัยค้นหาประเด็นเกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้เพื่อให้ คุณลักษณะหรือวิธีการที่เหมาะสมและดีที่สุดในการประยุกต์ใช้กับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป ต้องมีกระบวนการที่สะท้อนการรับรู้ของผู้เรียนอย่างรอบคอบ โดยคำนึงถึงผลที่ก่อให้เกิดประโยชน์และเสริมสร้างการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 5. มโนทัศน์

### 5.1 ความหมายของมโนทัศน์

คำว่า มโนทัศน์ (Concept) มีความหมายแตกต่างกันเมื่อศึกษาในบริบทของสาขาที่ต่างกัน เช่น ครูผู้สอน นักการศึกษา นักจิตวิทยาและนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (Jones, 1990:162) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ดังต่อไปนี้

Feldmad (1990:259) ได้ให้ความหมายว่า ความเข้าใจในสิ่งต่างๆ ที่เกิดจากการจัดสมบัติที่คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันของกลุ่มวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537:41) ได้ให้ความหมายว่า ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่างๆของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้นๆ

สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2538:88) ได้ให้ความหมายว่า ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่เกี่ยวกับสิ่งของ หรือเหตุการณ์ต่างๆซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปรวมลักษณะเหมือน หรือแยกแยะลักษณะที่แตกต่างเชิงสมบัติของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้นได้

ราชบัณฑิตยสถาน (2551:83) ได้ให้ความหมายว่า ภาพหรือความคิดในสมองที่เป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติร่วมที่เป็นลักษณะเฉพาะหรือลักษณะสำคัญของสิ่งนั้น ในสิ่งหรือประเด็นเดียวกันบุคคลอาจมีมโนทัศน์แตกต่างกันก็ได้

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ คือ ความคิดและความเข้าใจของบุคคลที่สรุปรวมจากลักษณะที่แตกต่างหรือคล้ายคลึงกันของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้วประมวลเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้นๆ

### 5.2 ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Klopfer (1971) ได้ให้ความหมายว่า เป็นสิ่งที่นามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มโนทัศน์นั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

Jones (1990:163-164) ได้ให้ความหมายว่า แนวคิดและความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของโลกที่เกิดจากการสรุปหรือการรวบรวมข้อคิดเห็นและตัวอย่างจากความเข้าใจในลักษณะทั่วไปของบุคคลที่เป็นสมาชิกในสังคมวิทยาศาสตร์

Jacobson and Bergman (1999: 120,130) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดย

เด็กจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลองและประสบการณ์วิทยาศาสตร์อื่นๆ และเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจนี้ไปยังประสบการณ์เดิมที่มีอยู่

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2531:50) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือสถานการณ์ต่างๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักหรือความคิดสำคัญที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

**5.3 ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน**

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นปัญหาสำคัญในการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษามากว่า 2 ทศวรรษ จึงมีนักวิจัยที่ทำการศึกษาและให้ความสำคัญเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอย่างแพร่หลาย โดยมีผู้ให้ความหมายคำว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

Ron (1983, p.154) หมายถึง โครงสร้างทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

Obsorn and Wittrock (1983, p.59-87) หมายถึง แนวคิด ความคาดหวัง และคำอธิบายของเด็กเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เด็กพัฒนามโนทัศน์เกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวไม่สอดคล้องกับการอธิบายตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นคำตอบหรือคำอธิบายแนวคิดที่แสดงถึงความเชื่อ หรือ ความรู้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง คลุมเครือ สับสนไม่มีเหตุผลเพียงพอ ปราศจากพื้นฐาน หรือไม่มีแนวคิดอันเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

สมควร ขนชัยภูมิ (2545, หน้า 8) หมายถึง แนวความคิดที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน เนื่องมาจากนักเรียนแปลความหมายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือข้อสนเทศตามความเชื่อและกรอบความรู้เดิมของตนซึ่งขัดแย้งกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจภายในของแต่ละบุคคล ที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และมีความแตกต่างจากแนวคิดอันเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

**5.4 สาเหตุของความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน**

Pines and West (p.1986) แบ่งความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามลักษณะของสถานการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเกิดจากสถานการณ์ที่ขัดแย้งกัน แบ่งตามขั้นตอนของการเกิดมโนทัศน์ได้ 3 ระยะ คือ

1.1 ระยะของการรับรู้

1.2 ระยะของการไม่สมดุล

1.3 ระยะของการจัดระบบใหม่

2. ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่น การขยายคำไปสู่ความหมายใหม่ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหมายของคำซึ่งมีผลให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องจากสถานการณ์ที่ให้ความรู้โดยใช้ภาษาสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์มาสัมพันธ์กับความรู้ที่เกิดขึ้นจริงได้

สมควร ขนชัยภูมิ (2545, หน้า 9) ได้กล่าวถึง สาเหตุของการเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าเกิดมาจากสาเหตุใหญ่ๆ อยู่ 4 ประการ คือ

1. เกิดจากตัวนักเรียนเองอันเนื่องมาจากการแปลความหมายหรือสรุปความไม่ถูกต้อง
2. เกิดจากความเชื่ออย่างฝังใจของตัวนักเรียนเอง
3. เกิดจากตำราสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่เสนอไม่ถูกต้องหรือไม่ชัดเจน
4. เกิดจากบุคคลอื่นๆ เช่น ครูผู้สอน นักปรัชญา นักการศึกษา ที่นำเสนอไม่ชัดเจนไม่ถูกต้อง

จากสาเหตุของความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่กล่าวไว้ข้างต้นสรุปได้ ดังนี้ มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นจริงในตัวนักเรียนจะแตกต่างจากมโนทัศน์ที่ครูต้องการให้นักเรียนมี เป็นสาเหตุให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ ซึ่งมโนทัศน์ที่นักเรียนมักจะเข้าใจคลาดเคลื่อนจากที่ครูต้องการได้แก่

1. มโนทัศน์ที่ได้จากตำราเรียน
2. มโนทัศน์ที่เกิดจากการแก้ปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์
3. มโนทัศน์ที่เกิดจากการทำกิจกรรม
4. มโนทัศน์ที่ได้จากการสรุปความรู้ต่างๆ
5. แนวทางในการขจัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยในประเทศ

ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส และความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร จำนวน 2 โรงเรียน โรงเรียนละ 1 ห้อง ห้องเรียนละ 39 และ 26 คน รวมจำนวนนักเรียน 65 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 โดยผู้วิจัยได้สุ่มกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบา แบบวัดความเข้าในธรรมชาติของแบบจำลอง แบบสังเกตการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาที่เกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแล้วจัดกลุ่มเปรียบเทียบและลงข้อสรุปส่วนข้อมูลเชิงปริมาณใช้การวิเคราะห์ด้วยค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองคุณสมบัติโดยทั่วไปของกรด-เบสหรือสัญลักษณ์ของกรด-เบส และมีบางส่วนที่คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนทั้งสองกรณีศึกษามีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องกรด-เบสในห้องเรียนปกติแล้ว 3) นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองสอดคล้องกับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้อง โดยเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ลอกเลียนแบบมาจากของจริง มีลักษณะเหมือนของจริงทุกประการ แบบจำลองไม่สามารถใช้ในการทำนายผลการทดลองได้ และแบบจำลองสามารถใช้ได้ในทุกกรณีไม่มีข้อจำกัด

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้วิจัยผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS สามารถพัฒนามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยวิธีการสอนนี้ในแต่ละขั้นตอนจะเน้นให้นักเรียนเรียนรู้และเกิดความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างแบบจำลองทางความคิดและกาสื่อสารความรู้ความเข้าใจด้วยแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ได้วิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบ่ง

ออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 10 ข้อ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ระยะที่ 2 เป็นการวิจับเฉพาะกรณี เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบบันทึกวีดิทัศน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย ใบงานและใบกิจกรรมและบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา พบว่า การประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องซึ่งอาจจะนำไปสู่การพัฒนาการคิดอย่างมีระบบ

**6.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

Schwarz et al. (2009) ได้ศึกษาการพัฒนาการเรียนโดยใช้แบบจำลองที่ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายโดยทำการศึกษาวิจัยนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 เรื่อง การระเหยและการควบแน่น ซึ่งมีคำถามของงานวิจัยครั้งนี้คือ 1) พฤติกรรมบ่งบอกว่าแบบจำลองสามารถทำให้ผู้เรียนวิทยาศาสตร์เรียนรู้อย่างมีความหมายคืออะไร 2) สิ่งที่ประสบผลสำเร็จในการเรียนคืออะไร จากการใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเข้าถึงปรากฏการณ์ 2) ขั้นการสร้างแบบจำลอง 3 ) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง 5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่นๆ 6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง 7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสังเกตพฤติกรรมระดับความสามารถ 4 ระดับ โดยผลการศึกษา พบว่าสิ่งที่บ่งบอกว่าแบบจำลองสามารถทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความหมายและสิ่งที่บ่งบอกว่าการเรียนผ่านแบบจำลองทำให้ประสบผลสำเร็จในการเรียนคือ 1) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระดับกลไกการเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆเช่น การอธิบายการเปลี่ยนแปลงอนุภาค จากของเหลวและแก๊ส 2) ความสามารถใช้แบบจำลองในการพยากรณ์ปรากฏการณ์ในทางธรรมชาติ มีการวาดรูปประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติขึ้นมาใหม่ 3) มีความสามารถในการประมาณค่าและเปรียบเทียบแบบจำลองหลากหลายแบบจำลองเพื่อเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด 4) ความสามารถ

บอกว่าการเรียนผ่านแบบจำลองจะทำให้การปรับเปลี่ยนและแก้ไขแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอื่นได้ด้วยหลักการเหตุผลตลอดจนสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่เพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ

Barak & Hussein – Farraj (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ชีวเคมีแนวใหม่เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้าง 3 มิติและหน้าที่ของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก โดยมีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบว่าการสอนและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแอนิเมลันของสารชีวโมเลกุลส่งผลต่อความเข้าใจทางชีวเคมีของนักเรียนอย่างไร เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามก่อน-หลังเรียน การสังเกตภายในชั้นเรียนเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความ โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนเกรด 12 จำนวน 175 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ตรวจสอบโดยการใช้แอนิเมชัน กลุ่มที่ให้ครูสาธิตการใช้แอนิเมชัน และกลุ่มการเรียนรู้ดั้งเดิมโดยใช้หนังสือ ผลการวิจัย พบว่า การบูรณาการการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ สามารถเพิ่มความเข้าใจของนักศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนและความสามารถในการถ่ายทอดผ่านความเข้าใจทางเคมีในระดับต่างๆ และผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการสาธิตการเคลื่อนไหวของครูอาจช่วยเพิ่มความรู้ของนักเรียนซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นต่ำ อย่างไรก็ตามการให้นักเรียนได้สำรวจภาพเคลื่อนไหวด้วยตนเองจะช่วยเพิ่มความคิดในระดับที่สูงขึ้นของนักเรียนได้ควรสามารถสำรวจภาพเคลื่อนไหว 3 มิติได้ด้วยตนเอง

Moutinho et al.(2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการแบบจำลอง 3 ชนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ แบบจำลองทางกายภาพ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ และแบบจำลองผสมผสานในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องภัยธรรมชาติ ตลอดจนการพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีความหมายในระดับบัณฑิตศึกษา ซึ่งได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ ได้แก่1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์พัฒนาการแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยเป็นข้อคำถามแบบ 2 ทาง จำนวน 15 ข้อ โดยส่วนแรกจะเป็นข้อความที่ให้นักเรียนอ่านและเลือกว่าข้อความนั้น จริง หรือ เท็จ หรือไม่ทราบ ส่วนที่สองจะเป็นข้อความ 4 ประโยค ให้นักเรียนปรับแก้คำตอบจากประโยคก่อนหน้าและเลือกคำตอบที่ถูกต้อง 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นคำถามแบบเลือกตอบจำนวน 6 คำถาม แต่ละคำถามจะมี 2 คำตอบ ซึ่งจุดประสงค์ของแบบสอบถามนี้เพื่อให้ทราบถึงวิธีในการจัดการเรียนรู้ 3 ) แบบสัมภาษณ์ตัวอย่างที่มีการตอบคำถามในแบบทดสอบคลุมเครือซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างจะถูกเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกเสียง ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองต่างๆ ใน

การสอนวิทยาศาสตร์สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ และส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมายและจากการวิเคราะห์แบบทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาการพัฒนาของทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์เรื่องสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

## ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ต้องการศึกษาในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 45 คน โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ในโรงเรียนขนาดใหญ่ในจังหวัดพิจิตร โดยการเลือกแบบเจาะจง

## แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action research) ผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis (1988 อ้างอิงในสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบการวิจัยตามวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ผู้วิจัยได้ทำการวางแผน โดยเริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ทั้งจากการสังเกต การสอบถามข้อมูลจากครูผู้สอน สำรวจหาปัญหาสำคัญที่ต้องแก้ไข สืบค้นหาสาเหตุของปัญหา

1.2 ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัย หลักการและ

ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง และการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียน เพื่อนำข้อมูลมาวางแผนการเพื่อออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง รวมไปถึงรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการในขั้นต่อไป

1.3 ศึกษาและดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

1.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 3 แผน

1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการวิจัย ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

1.3.3 เครื่องมือในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่องสารละลาย

2. ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 1 โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาแล้วในขั้นที่ 1 มาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จริงในห้องเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 45 คน ในเวลาเรียนปกติ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง โดยแบ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง
2. ขั้นการแสดงแบบจำลอง
3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง
4. ขั้นการประเมินแบบจำลอง

3. ขั้นสังเกต (Observe)

สังเกตกระบวนการในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งผู้วิจัยและนักเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร ในด้านกระบวนการปฏิบัติ ผลของการวิจัยและสภาพแวดล้อมตลอดจนข้อจำกัดของการวิจัย ซึ่งจะสังเกตทั้งสิ่งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือในการเก็บข้อมูลหลายชนิด ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียน

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมมาได้จากขั้นที่ 3 มาวิเคราะห์ตรวจสอบและประเมิน เพื่อหาปัญหา ข้อจำกัด และจุดที่ต้องพัฒนาปรับปรุง และนำไปปรับปรุงในการวางแผนพัฒนากิจกรรมในวงจรปฏิบัติการต่อไป

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. **เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ได้แก่**

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ย่อย 3 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง ดังนี้

1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

1.2 แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาการทักษะการสร้างแบบจำลอง ได้แก่**

2.1 แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง

2.2 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

2.3 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ

3. **เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามโนทัศน์ของนักเรียน ได้แก่**

3.1 แบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย

3.2 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ

3.3 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัย ผู้ให้ข้อมูล เครื่องมือการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

| คำถามวิจัย | ผู้ให้ข้อมูล /ผู้บันทึก | เครื่องมือวิจัย | | | | | การวิเคราะห์ข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ | แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง | แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง | แบบสำรวจมโนทัศน์ | แบบจำลอง 3 มิติ | |
| 1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร | ผู้วิจัย ครูประจำการ | ✓ | | | | | การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและ Resource Triangulation |
| 2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองได้หรือไม่ อย่างไร | นักเรียน | | ✓ | ✓ | | ✓ | การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและ Method Triangulation |
| 3.นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย มีมโนทัศน์อย่างไร | นักเรียน | | | ✓ | ✓ | ✓ | การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและ Method Triangulation |

**การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน โดยแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ ได้ดังนี้

**1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 3 แผน ใช้เวลา 15 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Gilbert,& Justi (2016) มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับรายวิชาเคมี เล่ม 2 เรื่อง สารละลาย เพื่อกำหนดกรอบผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1.2.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาเคมี 2 รหัสวิชา ว31222 เกี่ยวกับผลการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้เป็นเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้

1.2.2 ศึกษาขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง สารละลาย จากหนังสือรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 คู่มือครูรายวิชาเคมี เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) เรื่อง สารละลาย ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.2.3 กำหนดเนื้อหาย่อยที่จะใช้ในงานวิจัย เรื่อง สารละลาย ไว้จำนวน 3 เรื่อง ซึ่งตรงตามผลการเรียนรู้ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย เพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผน

1.2.4 กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน

1.3 ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยใช้ Application Zappar และ Application V-player และมีการสร้างผลงานผ่านเว็ปไซต์ https://zapcode.it/ และ www.vidinoti.com และได้ศึกษาวิธีการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงผ่านเว็ปไซต์และแอปพลิเคชัน

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ

Gilbert,Justi (2016) ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียนในเรื่องสารละลาย ซึ่งในแต่ละแผนการเรียนรู้มีองค์ประกอบ ดังนี้

1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.2 ผลการเรียนรู้

1.4.3 สาระสำคัญ

1.4.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4.1 ด้านความรู้

1.4.4.2 ด้านกระบวนการ

1.4.4.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4.5 สาระการเรียนรู้

1.4.6 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4.6.1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง

1.4.6.2 ขั้นการแสดงแบบจำลอง

1.4.6.3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง

1.4.6.4 ขั้นการประเมินแบบจำลอง

1.4.7 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.8 สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

1.4.9 บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4.10 ใบกิจกรรม

1.4.11 ใบความรู้

1.4.12 แบบวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่อง สารละลาย จำนวน 3 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาเคมี มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน และ 3) ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาเคมี มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญ

การพิเศษ จำนวน 1 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมกับเนื้อหา สื่อการสอน เวลาที่ใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

1.6 นำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นเกี่ยวกับเวลาในการจัดการเรียนรู้ โปรแกรมหรือเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการทำชิ้นงานแบบจำลอง และการนำเทคโนโลยีมาใช้ในขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้

1.7 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่อง สารละลาย ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป

ตาราง 3 แสดงรายละเอียดชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ ชิ้นงานของนักเรียนและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

| วงจรปฏิบัติการ | ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ (ผลงานงานนักเรียน) | เวลา (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|
| วงจรที่ 1 | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย | 9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ | QR Code | 5 |
| วงจรที่ 2 | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย | 10. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด | Virtual experiment | 5 |
| วงจรที่ 3 | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย | 11. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย | Colligative properties test | 5 |

**2. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้**

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยและผู้สังเกต ซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนเคมี มากกว่า 10 ปี ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนแล้ว เพื่อบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ จุดเด่น จุดด้อย ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้

2.2 กำหนดขอบเขตของแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงว่าทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองดีขึ้นหรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการเรียนรู้

2.3 สร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะของแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้เป็นการให้ผู้วิจัยเขียนบรรยายลงในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

2.4 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.5 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.6 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการบันทึกข้อมูลผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว

**3. แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง**

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการในการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่มีความน่าสนใจและวิเคราะห์แบบสังเกตกึ่งโครงสร้างและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยจะสังเกตชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียนจากการนำเสนอชิ้นงาน และสังเกตในขณะทำ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง ตามแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) Fortus et al. (2010) และ Baek et al. (2010) และการสังเกต ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่นักเรียนสร้างขึ้น ได้แก่

QR code ,Virtual experiment และ Colligative properties test โดยรายการประเมินชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ตามแนวคิดของ Guttersrud (2007) และมีการเขียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองได้มากจากการสัมภาษณ์ในขณะที่นักเรียนนำเสนอ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ จากนั้นนำผลการสังเกตและการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

**4. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง**

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการในการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่มีความน่าสนใจจากการวิเคราะห์ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียน และแบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยจะสัมภาษณ์ในขณะที่นักเรียนกำลังนำเสนอชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ โดยการสนทนาโดยมีการเตรียมข้อคำถามไปบางส่วน ซึ่งคำถามจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายถึงการสร้างแบบจำลองทางความคิดของตัวเองขึ้นมาในแต่ละขั้นตอน และมีข้อคำถามที่คล้ายกันกับแบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง โดยจะมีการสัมภาษณ์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ แล้วนำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองในแต่ละวงจรปฏิบัติการและผู้วิจัยได้กำหนดกรอบมโนทัศน์ในประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ โดยใช้การสัมภาษณ์นักเรียนในกรณีที่จัดกลุ่มระดับความเข้าใจมโนทัศน์จากคำตอบในแบบสำรวจมโนทัศน์ไม่ได้ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์อีกครั้งหนึ่ง โดยการบันทึกเทป แล้วนำผลการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย โดยคำถามและเกณฑ์คำตอบที่ใช้ในการสัมภาษณ์เป็นแบบเดียวกันกับแบบสำรวจมโนทัศน์

**5. แบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย**

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย จำนวน 9 ข้อ ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์และครอบคลุมเนื้อหา ซึ่งมีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

5.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

5.2 ศึกษาเอกสารแบบเรียนและคู่มือครูรายวิชาเคมี เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) เรื่อง สารละลาย ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

5.3 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสำรวจมโนทัศน์

5.4 ทำการวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ได้มโนทัศน์หลัก 3 มโนทัศน์ ดังนี้

5.4.1 หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

5.4.2 การเตรียมสารละลาย

5.4.3 สมบัติบางประการของสารละลาย

5.5 จัดทำตารางวิเคราะห์มโนทัศน์ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย เพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบสำรวจมโนทัศน์

**ตาราง 4 แสดงการวิเคราะห์มโนทัศน์ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย**

| มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ | มโนทัศน์ย่อย | ผลการเรียนรู้ | ลักษณะข้อสอบ | จำนวนข้อสอบ (ข้อ) |
|---|---|---|---|---|
| หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย | - ความหมายของสารละลาย<br>- การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล | 9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ | ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ทาง | 3 |
| การเตรียมสารละลาย | - อธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย 2 วิธี ได้แก่ การเตรียมสารละลายบริสุทธิ์และการเตรียมสารละลายเจือจาง<br>- การคำนวณความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด | 10. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด | ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ทาง | 3 |
| สมบัติบางประการของสารละลาย | - เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย<br>- การคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย | 11. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย | ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ทาง | 3 |

5.6 สร้างแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย และการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามระดับความสอดคล้องของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1998, p.361-374) กล่าวถึงเกณฑ์ในการจัดกลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

5.6.1 กลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound Understanding, SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

5.6.2 กลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding, PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยขนาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

5.6.3 กลุ่มที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding and Misunderstanding, PU+MM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5.6.4 กลุ่มที่ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (Non-scientific Understanding, NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบผิด และอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5.6.5 กลุ่มที่ไม่มีมโนทัศน์ (No Understanding, NO) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

5.7 นำแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปปรึกษาและขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะ

5.8 ปรับปรุงแก้ไขแบบสำรวจมโนทัศน์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้ปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับภาษาที่ใช้ในข้อคำถามแต่ละข้อ และความซับซ้อนของโจทย์และนำเสนอแบบวัดมโนทัศน์ที่ปรับปรุงแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะอีกครั้ง

5.9 จัดพิมพ์แบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย เพื่อนำไปเก็บข้อมูล

**6. ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ**

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ทักษะการสร้างแบบจำลองและสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียน ซึ่ง ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ QR Code, Virtual experiment และ Colligative properties test

**การเก็บรวมรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่ในจังหวัดพิจิตร จำนวน 1 ภาคเรียน นักเรียนจำนวน 45 คน โดยเริ่มเก็บตั้งแต่ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อศึกษาการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลองและศึกษามโนทัศน์ของนักเรียน ในรายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวมเวลา 15 ชั่วโมง โดยได้ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

**วงจรปฏิบัติการที่ 1**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan)

ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนวิชาเคมี ในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งของจังหวัดพิจิตร รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วางแผนและออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย โดยกำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับดำเนินการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

ปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลและการดำเนินกิจกรรม ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และอธิบายจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสำคัญของการจัดกิจกรรมในครั้งนี้ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและร่วมมือในการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดีตลอดการเก็บข้อมูล

ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe)

ในระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflect)

เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย เสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการแบบสะท้อนจัดการเรียนรู้ มาทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยสะท้อนผลจากตัวผู้วิจัยเองและจากครูผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัยจะจะนำผลสรุปที่ได้มาสะท้อนตนเองและวิเคราะห์วิจารณ์ร่วมกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนเคมี เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยให้ได้ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย ให้เหมาะสมกับกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงต่อไป

**วงจรปฏิบัติการที่** 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan)

ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 2 ถึง ขั้นที่ 4

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากนั้นนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติวงจรปฏิบัติการที่ 3 เพื่อปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงต่อไป

**วงจรปฏิบัติการที่** 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

ผู้วิจัยดำเนินการเช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากนั้นนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติวงจรปฏิบัติการที่ 3 และสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้

โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตกึ่งโครงสร้างและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง แล้วนำมาตีความและวิเคราะห์ จัดกลุ่มแยกประเภทและสรุปผล และสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยจะสัมภาษณ์ในขณะนักเรียนนำเสนอ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ โดยคำถามจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายถึงการสร้างแบบจำลองทางความคิดของตัวเองขึ้นมาในแต่ละขั้นตอนแล้วนำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งใช้แบบสำรวจมโนทัศน์เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีมโนทัศน์อย่างไรในเรื่องสารละลาย และนำ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ มาสนับสนุนผลที่ได้ จากนั้นสรุปผลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ ที่สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและศึกษามโนทัศน์ของผู้เข้าร่วมการวิจัยเรื่อง สารละลาย ได้จริง

ผู้วิจัยได้สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลและช่วงเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ (Act) ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe) และขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflect) ดังตาราง

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

| วงจรปฏิบัติการ | เครื่องมือวิจัย | ผู้ให้ข้อมูล | ช่วงเวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| 1 | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย<br>แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้<br>แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง<br>แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง<br>ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ (QR Code) | ผู้วิจัย ครูประจำการ<br>ผู้เข้าร่วมวิจัย | ระหว่างการจัดการเรียนรู้ |
| 2 | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย<br>แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้<br>แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง<br>แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง<br>ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ (Virtual experiment) | ผู้วิจัย ครูประจำการ<br>ผู้เข้าร่วมวิจัย | ระหว่างการจัดการเรียนรู้ |
| 3 | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย<br>แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้<br>แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง<br>แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง | ผู้วิจัย ครูประจำการ<br>ผู้เข้าร่วมวิจัย | ระหว่างการจัดการเรียนรู้ |

ตาราง 5 (ต่อ)

| วงจรปฏิบัติการ | เครื่องมือวิจัย | ผู้ให้ข้อมูล | ช่วงเวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| | ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ (Colligative properties test) | ผู้เข้าร่วมวิจัย | ระหว่างการจัดการเรียนรู้ |
| | **หลังจบ 3 วงจรปฏิบัติการ** | | |
| | แบบสำรวจมโนทัศน์เรื่อง สารละลาย | ผู้เข้าร่วมวิจัย | หลังการจัดการเรียนรู้ |

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้เป็น 5 เครื่องมือ ดังนี้

**1. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้**

ได้นำข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้จากการบันทึกของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาเคมีมากกว่า 10 ปี มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

1.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่พัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง

1.3 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในกรณีที่การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญไม่สอดคล้องกัน ให้ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญร่วมกันอภิปรายผลการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อร่วมกันหาข้อสรุปและนำผลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

**2. แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง**

ได้นำข้อมูลมาจากการสังเกตขณะทำ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติและการนำเสนอชิ้นงานมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลจากแบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง

2.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง

2.3 จัดกลุ่มระดับทักษะการสร้างแบบจำลองเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) ดังนี้

**ตาราง 6 แสดงระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง**

| ระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง | รายละเอียด |
|---|---|
| ระดับต่ำ | นักเรียนสามารถทำได้ 1- 2 ด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลอง สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้ แต่ใช้เวลาในการสร้างช้า มีความรู้ในการสร้างน้อยหรือ คลาดเคลื่อน มีการสื่อสารน้อยมาก ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในขณะทำการสร้างแบบจำลองและมีปัญหาในขณะนำเสนอแบบจำลอง เกิดจากการไม่กล้าแสดงออก |
| ระดับกลาง | นักเรียนสามารถทำได้ 3 ด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลอง สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้ แต่ใช้เวลาในการสร้างช้าเนื่องจากไม่ได้สื่อสารและแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างชัดเจน สามารถวางแผนการดำเนินการสร้าง และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้บางส่วน และมีปัญหาในขณะนำเสนอแบบจำลอง เกิดจากการไม่กล้าแสดงออก |
| ระดับสูง | นักเรียนสามารถทำได้ทั้ง 4 ด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลอง สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ โดยนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในบทบาทของตนเองและของสมาชิก ร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้ชิ้นงานแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่มโดยผ่านการแก้ไขอย่างต่อเนื่องและสามารถนำเสนอชิ้นงานแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ |

2.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการ ดำเนินการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลอง

**3. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง**

3.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

3.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็น ถึงความเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียน

3.3 จัดกลุ่มมโนทัศน์ได้ 4 กลุ่ม เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผลดังนี้

กลุ่มที่ 1 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (Scientific Understanding)

กลุ่มที่ 2 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding)

กลุ่มที่ 3 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (Partial Understanding and Misunderstanding)

กลุ่มที่ 4 ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (Non-scientific Understanding)

3.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียน

**4. แบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย** ได้นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลจากแบบสำรวจมโนทัศน์

4.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องของมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นของผู้เข้าร่วมวิจัย

4.3 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

4.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียน

5. **ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ** ได้แก่ QR code , Virtual experiment และ Colligative properties test การวิเคราะห์ข้อมูลจาก ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อแสดงถึงระดับพัฒนาการในการสร้างแบบจำลองและสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 ดำเนินการตรวจชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

5.2 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกัน เพื่อจัดประเภทของมโนทัศน์ที่เกิดขึ้น

5.3 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการเปลี่ยนแปลงไปของผู้เข้าร่วมวิจัยหลักจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

**ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ**

ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ทั้งในด้านวิธีรวบรวมข้อมูล มีการใช้เครื่องมือมากกว่าหนึ่งเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และด้านของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย อีกทั้งยังใช้การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของงานวิจัยนี้ โดยแบ่งตามคำถามวิจัยดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลายจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร จะใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย (Resource Triangulation) โดยให้ข้อมูลจาก 3 แหล่ง ซึ่งบุคคลผู้ให้ข้อมูลในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนเคมีมากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย มีพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองได้หรือไม่ อย่างไร จะใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล (Methodl Triangulation) โดยจะเห็นว่าผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลหลายชนิด ได้แก่ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียน จากนั้นสรุปผลและดูทิศทางว่าเป็นไปในทางเดียวกันหรือไม่ อีกทั้งก่อนการนำ

เครื่องมือไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะทำการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) ก่อน ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่สร้างเสร็จและให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี ตรวจสอบก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริง และหลังจากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้จากหลายแหล่งมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามหลักวิชาการและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลายมีมโนทัศน์ที่เปลี่ยนแปลงไป หรือไม่อย่างไร จะใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล (Method Triangulation) โดยจะเห็นว่าผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลหลายชนิด ได้แก่ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่องสารละลาย และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อสรุปผลว่านักเรียนมีมโนทัศน์เป็นอย่างไร โดยก่อนจะนำเครื่องมือไปใช้ได้ทำการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) และหลังจากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้จากหลายแหล่งมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อศึกษาการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลองและเพื่อศึกษามโนทัศน์ของนักเรียน เรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis และจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลาแผนละ 5 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล นำมาวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัย ได้แก่ ตอนที่ 1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง และตอนที่ 3 มโนทัศน์ของนักเรียน เรื่อง สารละลายที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยมีลายละเอียดดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย**

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยตามการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยแบ่งเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ออกเป็นเนื้อหาย่อย 3 เรื่อง 3 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย และวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

**1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**1.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนวิชาเคมีในชั้นเรียนของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน แล้วรวบรวมปัญหาที่สังเกตได้นำมาวิเคราะห์ถึงแนวทางในการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงที่จะนำมาใช้ในห้องเรียน จากนั้นได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง แล้วรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์จุดเด่นของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาออกแบบเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ อีกทั้งยังศึกษาถึงหลักสูตรสถานศึกษา โครงสร้างรายวิชา คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมให้บรรลุถึงเป้าหมายของรายวิชา จากนั้นได้ออกแบบการจัดกาเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 แผนการจัดกาเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย โดยได้วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์และนำสารละลายต่างๆ ในชีวิตประจำวันที่น่าสนใจที่จะสามารถนำมาใช้เพื่อกระตุ้นความคิดในการสร้างแบบจำลองและให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงตามขั้นตอนของ Gilbert & Justi (2016) ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง

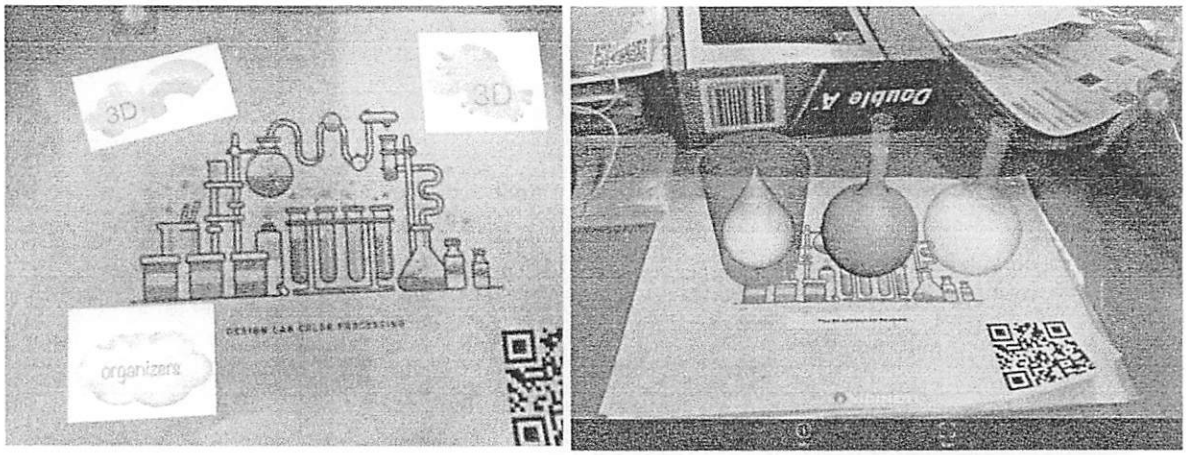
ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินแบบจำลอง

จากนั้นผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนวิชาเคมี มากกว่า 10 ปี ตำแหน่ง ครูเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน และครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนวิชาเคมี มากกว่า 10 ปี ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความเหมาะสมตามโครงสร้าง ตั้งแต่คำถามที่นำมากระตุ้นความรู้เดิมและ

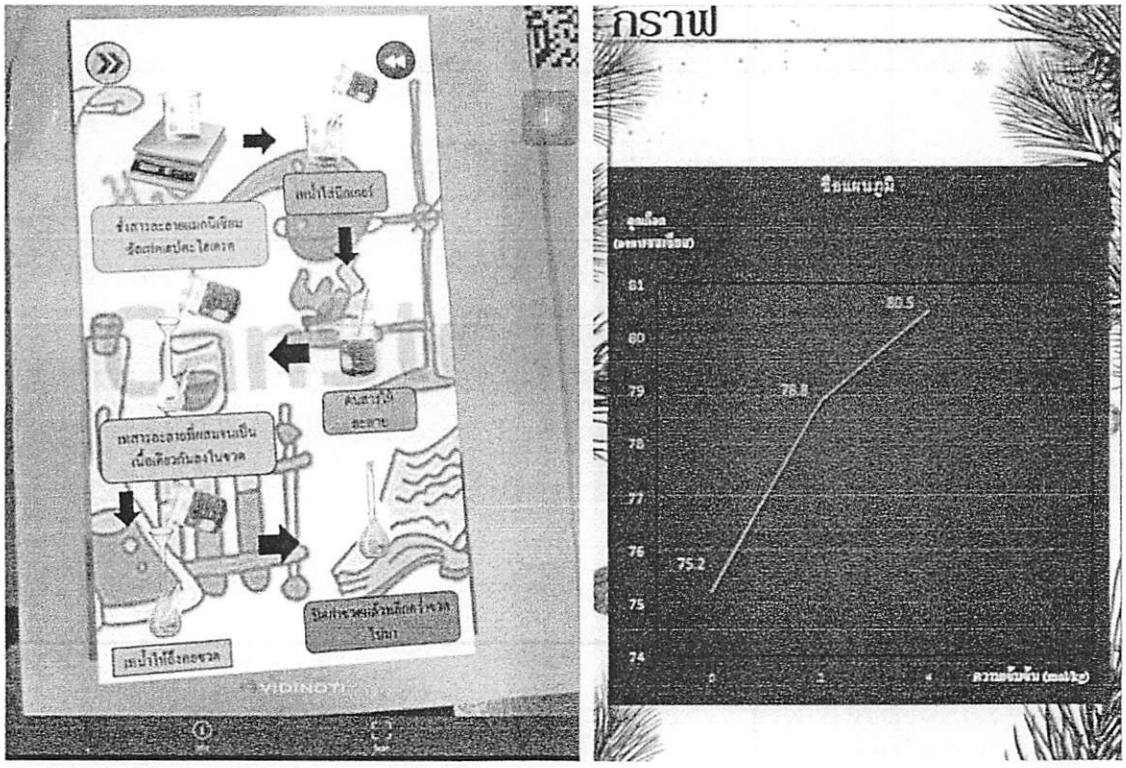
ความสนใจของผู้เรียน กิจกรรมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเนื้อหาที่นำมาใช้ในการสอน แล้วนำผลการตรวจสอบและข้อเสนอแนะต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความถูกต้องและเหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและสร้างสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยผู้วิจัยได้ศึกษาการใช้แอปพลิเคชัน Zappar และ V- Player และเว็บไซต์ที่นำมาสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ใน www.zapwork.com และ www.vidinoti.com รวมทั้งโปรแกรม photo shop เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปใช้ในการสร้างสื่อ 3 มิติ จากนั้นได้นำแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง ได้แก่ QR code ,Virtual experiment และ Colligative properties test มานำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และการใช้งานให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งได้รับคำแนะนำให้แก้ไขปรับปรุงเรื่องความยากของแบบจำลอง การใช้โปรแกรมต่างๆ และความถูกต้องของเนื้อหาที่จะนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง จึงได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและนำแบบจำลองในชีวิตประจำวันที่มีตามแหล่งการเรียนรู้มาจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ทำความคุ้นเคยและเข้าใจรูปแบบของแบบจำลองที่เป็นรูปแบบเสมือนจริง

ภาพ 5 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ QR Code จากแอปพลิเคชัน Zappar




ภาพ 6 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ Virtual experiment จากแอปพลิเคชัน Vidinoti




ภาพ 7 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ Colligative properties test จากแอปพลิเคชัน Vidinoti

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบบันทึกในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สะท้อนให้เห็นถึงจุดเด่น จุดที่ต้องปรับปรุงแก้ไขในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำเครื่องมือวิจัยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 6 มกราคม 2563 ซึ่งผู้วิจัยได้จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย และเครื่องมือเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ชุด แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างรวมถึงชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ QR code

**1.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงตามขั้นตอนของ Gilbert & Justi (2016) ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง** เป็นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับเรื่องสารละลาย โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบและใช้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น

ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงถึงการเก็บข้อมูลวิจัยและการขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัยจากผู้ให้ข้อมูลซึ่งคือนักเรียน โดยอธิบายถึงการจัดการเรียนรู้ที่จะเกิดขึ้นในเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งนักเรียนได้ลงมติข้อตกลงร่วมกัน จากนั้นได้อธิบายถึงการทำสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงให้นักเรียนทุกคนเข้าใจว่ามีความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้อย่างไรบ้าง และให้นักเรียนนำโทรศัพท์มือถือมาติดตั้งแอปพลิเคชัน Zappar รวมถึงอธิบายวิธีการใช้แอปพลิเคชันและสาธิตการใช้งานให้นักเรียนเข้าใจผ่านการเปิดคลิปวิดีโอจาก youtube เพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจรูปแบบของแบบจำลองก่อนที่จะนำมาใช้ในการทำกิจกรรมต่อไป และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในระหว่างการทำกิจกรรม ในขณะเปิดคลิปวิดีโอนั้น นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจดูและมีความสนใจในแบบจำลองที่สร้างขึ้น และมีนักเรียนบางคนที่ยกมือถามถึงวิธีใช้และถามว่า “ครูครับ มันทำอย่างไรหรอครับ เห็นสามมิติเลย” (นักเรียน, 6 มกราคม 2563) และมีนักเรียนบาง

คนที่ยกมือถามถึงความยากของการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติและถามว่า "เราจะทำได้หรอคะครู มันดูไกลจากชีวิตประจำวัน" (นักเรียน, 6 มกราคม 2563)

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญสังเกตว่านักเรียนร่วมกันตอบคำถามที่ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยนำตัวอย่างรูปแก้วนำที่ใส่สีแดง 3 แก้วต่อไปนี้ แก้วใบที่ 1 คือ น้ำแดงเต็มแก้ว แก้วใบที่ 2 คือ น้ำแดงครึ่งแก้วและแก้วใบที่ 3 คือ น้ำแดงผสมน้ำเต็มแก้ว ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามดังนี้ "น้ำแดงทั้ง 3 แก้วเป็นสารบริสุทธิ์หรือสารละลาย" นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม มีทั้งคำตอบว่าเป็นสารบริสุทธิ์และสารละลาย แล้วผู้วิจัยถามนักเรียนต่อว่า "สารละลายคืออะไร มีองค์ประกอบอะไรบ้าง" นักเรียนส่วนมากจะตอบว่า "สารละลายเป็นสารที่นำมารวมกันหลายชนิด" ซึ่งนักเรียนไม่สามารถแยกองค์ประกอบของสารละลายได้ว่าอะไรเป็นตัวถูกละลายและตัวทำละลาย เมื่อครูถามคำถาม ดังนี้ "ชาเขียวจัดเป็นสารละลายหรือไม่ และถ้าเป็นสารละลาย องค์ประกอบใดเป็นตัวถูกละลายและตัวทำละลาย" เมื่อใช้คำถามกระตุ้นถามเกี่ยวกับความรู้ใหม่ในเรื่องของหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย นักเรียนบางส่วนไม่สามารถตอบได้ว่ามีหน่วยอะไรบ้าง รวมทั้งไม่สามารถนิยามความหมายของสารละลายได้ และนักเรียนตอบเป็นคำสั้นๆ และไม่มั่นใจ เมื่อถามซ้ำว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้นจะไม่มีคำอธิบายเพิ่มเติม

...ส่วนใหญ่จะตอบว่าเป็นสารที่มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ยังสับสนในการแยกองค์ประกอบของสารละลายว่าสารใดเป็นตัวถูกละลายและตัวทะลาย

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

...นักเรียนไม่สามารถนิยามความหมายของสารละลายได้ถูกต้อง และนักเรียนบางคนไม่สามารถยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวันได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

การสะท้อนผลการปฏิบัติได้ข้อมูลมาจากแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยและครูประจำการได้สะท้อนร่วมกันภายหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้

สะท้อนผลร่วม ได้แก่ ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนวิชาเคมี มากกว่า 10 ปี ตำแหน่ง ครูเชี่ยวชาญ โดยผลสะท้อน พบว่า ผู้วิจัยยังขาดเทคนิคในการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสนใจที่จะตอบคำถามได้ถูกต้อง และขาดการเชื่อมโยงคำถามนำไปสู่เรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งครูประจำการได้แนะนำให้ใช้วิธีการเรียกตอบเป็นรายบุคคล และควรกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียนโดยการเปิดคลิปวิดีโอเกี่ยวกับสารละลายที่อยู่ในชีวิตประจำวัน

...ควรกระตุ้นคำถามเชื่อมโยงคำถามนำไปสู่เรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

...ควรใช้คลิปวิดีโอกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียน

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

**ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง** ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้วิธีการซ้อนภาพสามมิติที่จัดทำขึ้นซึ่งอยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่สามารถมองผ่านอุปกรณ์ ได้แก่ กล้องมือถือสมาร์ทโฟน ในรูปแบบ 3 มิติ ที่มีมุมมอง 360 องศา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งผู้เรียนต้องแสดงออกแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ เพื่อสื่อสารให้เพื่อนและครูได้เข้าใจในชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของกลุ่มตนเอง

หลังจากนักเรียนได้ทบทวนความรู้เพื่อที่จะใช้ในการเรียนเนื้อหา เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย จากนั้นผู้วิจัยแบ่งกลุ่มนักเรียน 5 คน และให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ ได้แก่ น้ำเชื่อมและน้ำเกลือ ลงในใบกิจกรรมเพื่ออธิบายว่าสารใดเป็นตัวละลายและตัวทำละลายตามความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยจะเดินสำรวจนักเรียนแต่ละกลุ่มและใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาในการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ดังนี้ "ภาพทั้ง 2 นี้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร" และ "ถ้านักเรียนต้องการบอกปริมาณของสารที่อยู่ในรูปสารละลายจะทำได้อย่างไร" จากนั้นครูสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม มาอภิปรายชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ที่สร้างขึ้นหน้าชั้น

เรียน โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองของเพื่อนและอภิปรายร่วมกันว่า "แบบจำลองของกลุ่มใครแตกต่างจากของเพื่อนบ้าง มีแนวคิดแตกต่างจากเพื่อนอย่างไร"

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูประจำการสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจการวาดรูปแบบจำลองของสารละลายในระดับจุลภาคและยังไม่สามารถแยกองค์ประกอบของตัวถูกละลายและตัวทำละลาย รวมทั้งการระบุหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย เมื่อผู้วิจัยเข้าไปถามว่า "น้ำเกลือและน้ำเชื่อม ควรมีหน่วยความเข้มข้นเป็นหน่วยใด" นักเรียนตอบว่า "ไม่รู้ครับ"

...นักเรียนบางคนแยกสถานะของตัวถูกละลายและสถานะของตัวทำละลายไม่ได้ จึงไม่สามารถระบุหน่วยความเข้มข้นได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างสารในชีวิตประจำวันมาเป็นตัวอย่างและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อนให้นักเรียนสามารถแยกองค์ประกอบของสารละลายได้ เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถจำแนกองค์ประกอบได้

...ควรยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวันและฝึกให้นักเรียนแยกองค์ประกอบเป็น

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

ผู้วิจัยยังขาดการควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียน ทำให้นักเรียนใช้เวลามากในการวาดภาพ 2 มิติ ซึ่งควรกำหนดเวลาและบอกนักเรียนอย่างชัดเจน และนักเรียนบางคนยังสืบค้นข้อมูลมาจากอินเทอร์เน็ตทำให้ไม่สามารถออกมาจากความคิดของจนเอง

...ส่วนน้อยค้นหาคำตอบจากอินเทอร์เน็ต

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

...ควรกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนในครั้งต่อไป และควรให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 6 มกราคม 2563)

**ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง** ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านกิจกรรมการสร้าง QR code เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายกิจกรรมนั้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกันเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

หลังจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเองโดยการวาดภาพ 2 มิติ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันที่ปรากฏความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ พร้อมทั้งให้นักเรียนจัดทำ QR code ผ่าน www.zapwork.com ซึ่งเมื่อสแกน QR code โดยใช้แอปพลิเคชัน zappar ของผลิตภัณฑ์จะปรากฏเป็นองค์ประกอบของสารละลาย ได้แก่ ตัวละลายและตัวทำละลาย ร่วมทั้งคลิปวิดีโอแสดงความหมายของหน่วยความเข้มข้นนั้น ซึ่งนักเรียนจะต้องโหลดแอปพลิเคชัน Zapar ลงในโทรศัพท์มือถือเพื่อสแกน QR code เพื่อให้ปรากฏเป็นชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ หลักจากนั้นให้นั้นให้นักเรียนนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง โดยนักเรียนจะต้องศึกษาแบบจำลองที่ได้ทำขึ้นจากภาพวาด 2 มิติและชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร หากไม่สอดคล้องกันให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องมากที่สุด

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางคนเมื่อต้องทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ QR code นักเรียนบางคนไม่ตั้งใจฟังเมื่ออธิบายวิธีการใช้งานของแอปพลิเคชัน Zappar และเมื่อให้ลองใช้งานจริง ยังมีนักเรียนบางคนที่ยกมือถามถึงวิธีการใช้และถามว่า "ครูคะ ต้องเริ่มจากอะไรคะ เข้าตรงไหนคะ" (นักเรียน, 8 มกราคม 2563)

...อธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมไม่ชัดเจน

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 8 มกราคม 2563)

...มีนักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 8 มกราคม 2563)

เมื่อให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันและแบ่งหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบกันอย่างชัดเจน ทำให้งานเสร็จลุล่วงไปอย่างดี

...ผู้เรียนยังสับสนในการสร้างผ่านเว็บ แต่บางส่วนตื่นเต้นและสนุก

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 8 มกราคม 2563)

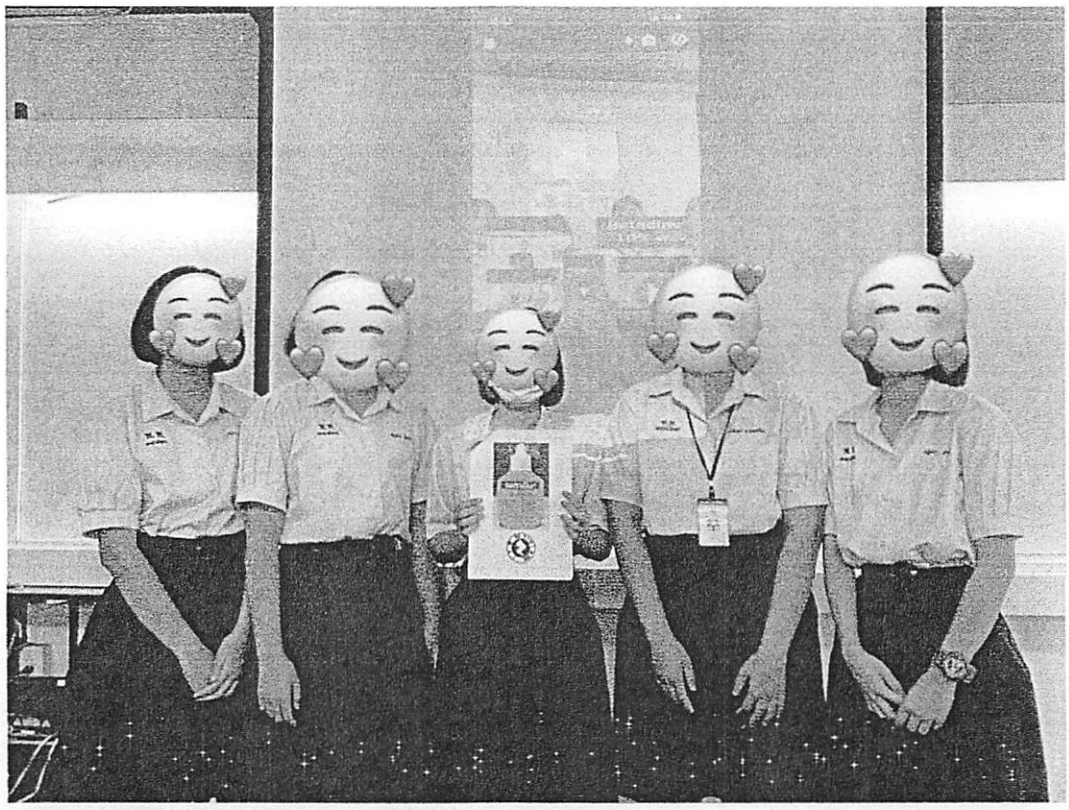
...นักเรียนภูมิใจและรู้สึกตื่นเต้นกับ QR code ที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 8 มกราคม 2563)

เมื่อให้นักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลอง เพื่อไปปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ

...นักเรียนที่นั่งฟังเพื่อนนำเสนอในครั้งต่อไปควรให้นักเรียนเป็นผู้ถามคำถามเพื่อน เพื่อจะได้ตั้งใจรับฟังการนำเสนอมากยิ่งขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 13 มกราคม 2563)



**ภาพ 8 การนำเสนอแบบจำลอง QR code เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

ผลการสะท้อน พบว่า แอปคลิเคชั่น Zappar มีความน่าสนใจแต่ยังมีรูปแบบไม่ซับซ้อน จึงไม่สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้ และในการทำงานกลุ่มของนักเรียน ผู้วิจัยขาดการชี้แจงการวัดประเมินผลให้นักเรียนทราบก่อน จึงมีนักเรียนบางส่วนไม่มีส่วนร่วมในการทำงาน

...ควรบอกคะแนนการทำงานกลุ่ม นักเรียนจะได้ตั้งใจทำงาน

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 8 มกราคม 2563)

**ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง** ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเอง โดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและปรากฏการณ์นั้นๆ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนทราบถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถประเมินและสรุปแนวคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้

หลังจากที่นักเรียนได้ข้อสรุปแบบจำลองที่ถูกต้องและได้ข้อความรู้เกี่ยวกับความหมายของสารละลายและหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ในขั้นตอนนี้จะให้นักเรียนได้นำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้นไปใช้ในการอธิบาย โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันทำโจทย์คำนวณต่างๆ ในใบงาน ซึ่งผู้วิจัยจะใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนเพิ่มเติมถึงแบบจำลองที่นักเรียนได้เรียนไปว่าสามารถนำไปใช้ในการตอบคำถามได้ทุกข้อหรือไม่ ถ้าไม่ แล้วมีข้อจำกัดอะไรบ้าง

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูประจำการเห็นว่า เมื่อนักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของกลุ่มตนเองแล้ว ครูให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยครูให้นักเรียนทำโจทย์เกี่ยวกับการคำนวณหน่วยความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 3 ข้อ ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์โจทย์แยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายได้ถูกต้อง ส่งผลทำให้ในการเลือกหน่วยความเข้มข้นมาคำนวณได้ถูกต้อง แต่มีบางส่วนที่ยังแปลงหน่วยความเข้มข้นที่เลือกไปเป็นอีกหน่วยได้ไม่ถูกต้อง

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาคำนวณในโจทย์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลอง 3 มิติ แต่ผู้วิจัยควรมีการใช้คำถามในใบงานให้ชัดเจนมากกว่านี้ เพราะนักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจคำถาม และควรอธิบายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจโจทย์เป็นไปตามแนวทางเดียวกัน

...นักเรียนไม่ค่อยเข้าใจโจทย์หรือคำถาม ครั้งต่อไปควรอธิยานรายละเอียดและแก้ไขโจทย์ให้มีคำถามที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 15 มกราคม 2563)

**1.3 สรุปผลการสะท้อน**

จากผลการสะท้อนโดยครูประจำการและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

ข้อดี

1. นักเรียนได้ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม
2. นักเรียนได้รู้จักการใช้เทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้
3. นักเรียนสนุกและตื่นเต้นกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ทำให้เกิดการกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน
4. นักเรียนมองภาพของสารละลายในระดับจุลภาคหรือโมเลกุลได้เข้าใจยิ่งขึ้น

ข้อควรปรับปรุง

1. ผู้วิจัยควรให้ความรู้พื้นฐานในการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่ละเอียดก่อนที่จะมีการทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ
2. ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมที่ชัดเจน
3. ผู้วิจัยควรมีการตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปยังคำถามที่เชื่อมโยงกับเนื้อหา
4. โจทย์คำนวณในใบงานควรชัดเจนและละเอียดมากกว่านี้
5. ผู้วิจัยควรมีคลิปวิดีโอมากระตุ้นความสนใจในเรื่องสารละลายในชีวิตประจำวันในขั้นการสร้างแบบจำลอง
6. นักเรียนไม่สามารถแบ่งหน้าที่การทำงานที่ชัดเจน
7. เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนยังไม่มีความเหมาะสมกับกิจกรรม
8. ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่ทำผ่านแอปพลิเคชัน Zappar ไม่มีความซับซ้อน จึงไม่สามารถสร้างแบบจำลองเป็นแบบ 3 มิติได้

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นบานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ไม่ดีพอ เนื่องจากผู้วิจัยยังขาดความชำนาญในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติออกมา และยังเป็นการบอกคำตอบนักเรียนมากกว่าเป็นการแนะนำให้นักเรียนคิดเอง อีกทั้งในการทำกิจกรรมยังไม่มีการชี้แจงรายละเอียดก่อน ไม่ว่าจะ

เป็นเวลาในการทำกิจกรรม การอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการทำกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจและทำกิจกรรมไม่ต้องตามเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งทำให้ในวงจรปฏิบัติการใช้เวลาเกิน 1 ชั่วโมง นอกจากนี้ผู้วิจัยควรที่จะให้ความสำคัญแก่การทบทวนความรู้พื้นฐานและความรู้ใหม่ของนักเรียนในเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลายซึ่งเป็นความรู้จำเป็นในการแสดงออกแบบจำลองของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและแสดงออกชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติให้ได้ดีที่สุด

**2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

**2.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาสถานการณ์ที่น่าสนใจที่จะนำมากระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการที่จะศึกษาและค้นหาคำตอบเพื่อจะเชื่อมโยงไปถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังมีการทบทวนและสอนเนื้อหาที่จำเป็นก่อนที่จะมีการเรียน ได้แก่ ทบทวนหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยเฉพาะหน่วยโมลาริตี รวมถึงการปรับเปลี่ยนวิธีการทบทวนเนื้อหาให้เป็นรายบุคคลแทนการทบทวนเป็นรายกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงเนื้อหาและได้รับความรู้ด้วยตนเอง โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลายนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยปรับปรุงตามผลการสะท้อนในวงจนปฏิบัติการที่ 1 รวมทั้งศึกษาโปรแกรมที่จะสามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่ซับซ้อนสามารถสร้างเป็น 3 มิติ

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้ ผู้วิจัยได้กำหนดการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 20 มกราคม 2563 ซึ่งผู้วิจัยได้จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว และเครื่องมือเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ชุด แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและ Virtual experiment

**2.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงตามขั้นตอนของ Gilbert & Justi (2016) ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเตรียมสารละลาย ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง** เป็นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับเรื่องสารละลาย โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบและใช้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น

ก่อนจะเริ่มการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้อธิบายถึงภาพรวมของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเข้าใจก่อน ว่ามีทั้งหมด 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง และขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง โดยในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะต้องทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและแสดงออกแบบจำลองของกลุ่มออกมาเพื่อให้เพื่อนในห้องและครูเข้าใจในแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องวาดภาพ 2 มิติและอธิบายเหตุผลประกอบแบบจำลองนั้นๆ โดยใช้ข้อมูลความรู้ที่ได้รับจากการทบทวนเนื้อหาและจากสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงที่นักเรียนจะได้นำไปทดสอบ และยังกำชับให้นักเรียนตั้งใจเรียนและเห็นความสำคัญของการแสดงออกของแบบจำลองเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ จากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทบทวนเนื้อหาเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยเฉพาะหน่วยโมลาริตี โดยการตั้งคำถามทบทวน และกระตุ้นความรู้ของนักเรียนว่า "หน่วยความเข้มข้นโมลาริตี สามารถอธิบายได้ว่าอย่างไร" และ "จงอธิบายความหมายของกรดซัลฟิวริก 1 M "

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูประจำการเห็นว่า เมื่อผู้วิจัยนำฉลากสารเคมี ได้แก่ กรดซัลฟิวริก 1 M และ กรดซัลฟิวริก 98 %w/w แล้วให้นักเรียนอธิบายความเหมือนและความต่างของสารทั้ง 2 ชนิด จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อเชื่อมโยงเข้าเนื้อหาเรื่องการเตรียมสารละลายว่า "สารละลายกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันนี้ จะสามารถทำให้มีความเข้มข้นเท่ากันได้หรือไม่" พบว่านักเรียนตอบว่า "สามารถทำสารละลายกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นมากกว่าให้เจือจางลง โดยการเติมตัวทำละลาย และทำสารละลายกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าให้เข้มข้นขึ้น โดยการระเหยตัวทำละลาย" (นักเรียน, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

...นักเรียนตั้งใจเรียน ให้ความสนใจกับคำถามของครู

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

...นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารที่ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

การสะท้อนผลการปฏิบัติได้ข้อมูลมาจากแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยและครูประจำการได้สะท้อนผลภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้วิจัยสามารถใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจได้ดีขึ้น รวมถึงการตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าหาเนื้อหา ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ต้องการอยากรู้คำตอบ และพยายามที่จะค้นหาเหตุผลมาตอบคำถามมากขึ้น

...ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเรียนมากขึ้น คำถามที่ใช้กระตุ้นสามารถเชื่อมเข้าสู่เนื้อหาได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

อีกทั้งเมื่อนักเรียนตอบนอกประเด็นหรือไม่ตรงกับคำถาม ผู้วิจัยสามารถที่จะใช้คำถามในการดึงนักเรียนกลับเข้าสู่บทเรียน และจากการสะท้อนพบว่า การทบทวนเนื้อหาโดยตั้งคำถามกระตุ้นช่วยให้นักเรียนได้ความรู้ได้มากกว่าการทบทวนเป็นกลุ่ม

...กระตุ้นด้วยคำถามได้ดีขึ้น

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

**ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง** ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้วิธีการซ้อนภาพสามมิติที่จัดทำขึ้นซึ่งอยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่สามารถมองผ่านอุปกรณ์ ได้แก่ กล้องมือถือสมาร์ทโฟน ในรูปแบบ 3 มิติ ที่มีมุมมอง 360 องศา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งผู้เรียนต้องแสดงออกแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ เพื่อสื่อสารให้เพื่อนและครูได้เข้าใจในชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของกลุ่มตนเอง

หลังจากนักเรียนได้ทบทวนความรู้จากเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยเฉพาะหน่วยโมลาริตี เพื่อที่จะใช้ในการเรียนเนื้อหา เรื่อง การเตรียมสารละลาย แล้วเกิดความสงสัยเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายที่ผู้วิจัยได้ใช้คำถามในการกระตุ้นให้คิดไว้ จากนั้นผู้วิจัยแบ่งกลุ่มนักเรียน 5 คน และให้นักเรียนทำการทดลอง ดังนี้ ตอนที่ 1 ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 0.25 mol/dm$^3$ ปริมาตร 500 cm$^3$ จะต้องชั่ง $CuSO_4$ มากี่กรัม และตอนที่ 2 ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 0.005 mol/dm$^3$ ปริมาตร 200 cm$^3$ จากสารละลาย $CuSO_4$ ที่เตรียมได้ในตอนที่ 2 จะต้องทำอย่างไร และให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ ลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย เพื่ออธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลายรวมทั้งแสดงวิธีการคำนวณสาร โดยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการกระตุ้นนักเรียนร่วมกัน ซึ่งคำถามที่ใช้ ได้แก่ "จากภาพ 2 มิติ ในการเตรียมสารละลายมีการใช้อุปกรณ์ใดบ้าง" และ "การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ที่เป็นของแข็งกับการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้นมีวิธีการเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร" จากนั้นผู้วิจัยเดินสำรวจนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อสำรวจการทำการทดลอง และการวาดภาพ 2 มิติ แล้วสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน แล้วให้เพื่อนในห้องแสดงความคิดเห็นว่าแบบจำลองใครเหมือนหรือแตกต่างกับเพื่อนบ้าง แล้วตอบคำถามว่าทำไมถึงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองของนักเรียนเบื้องต้นกับของเพื่อนที่ออกมานำเสนอ

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูประจำการสังเกตเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพ 2 มิติออกมาคล้ายกัน แต่แตกต่างกันในวิธีการทดลองในบางส่วน เช่น นักเรียนบางกลุ่มวาดรูปหลอดหยดสารผ่านกรวยกรอง และมีบางกลุ่มวาดรูปหลอดหยดสารผ่านขวดวัดปริมาตรโดยตรง เมื่อผู้วิจัยเดินสำรวจเดินสำรวจนักเรียนแล้วพบว่า มีนักเรียน 2 กลุ่มที่มีชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ที่น่าสนใจ จึงให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เมื่อเพื่อนออกมานำเสนอนักเรียนในห้องตั้งใจฟังดีขึ้น และมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม แต่ยังมีบางคนไม่แสดงความคิดเห็น

ซึ่งเมื่อผู้วิจัยถามมว่าใครมีแบบจำลองของใครเหมือนกับเพื่อนบ้าง มีนักเรียนประมาณ 7 กลุ่มที่ยกมือและส่วนกลุ่มที่เหลือคือแตกต่าง

...นักเรียนสนใจเวลาเพื่อนออกมานำเสนอ มีส่วนร่วมในการทำกิจกรม และชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ถูกต้อง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

...สนใจตอบคำถามดีขึ้น

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนเริ่มเข้าใจแนวการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงของผู้วิจัยมากขึ้น ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้อธิบายและชี้แจงสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติ นักเรียนสามารถเข้าใจทันที และในการทำการทดลองครูประจำการได้สะท้อนว่า ผู้วิจัยควรเน้นย้ำการปรับปริมาตรของเด็ก ผลการทดลองอาจผิดพลาดได้

...นักเรียนเริ่มคุ้นชินกับการเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงมากขึ้น แต่ผู้วิจัยควรคิดคำถามในการกระตุ้นผู้เรียนให้มากขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

...ควรเน้นย้ำเรื่องการทดลองที่ถูกต้อง

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2563)

**ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง** ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านกิจกรรมการสร้าง Virtual experiment เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายกิจกรรมนั้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน เป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหลังจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเองโดยการวาดภาพ 2 มิติ

หลังจากนักเรียนได้วาดภาพ 2 มิติจากการทดลองทั้ง 2 ตอน แล้วร่วมกันอภิปรายถึงแบบจำลองระหว่างกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจก่อน โดยบอกกล่าวกับนักเรียนว่า เราจะมาตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนวาดรูปไปนั้นถูกต้องหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนและครูร่วมกันเลือกสารบริสุทธิ์มา 1 ชนิด ที่ไม่ใช่ $CuSO_4$ เพื่อออกแบบโจทย์ แล้วดำเนินการเขียนขั้นตอนการเตรียมสารละลายตามความเข้มข้นและปริมาตรที่ต้องการ พร้อมทั้งให้นักเรียนทำ Virtual experiment เพื่อแสดงขั้นตอนการทดลองพร้อมวิธีการคำนวณผ่านโปรแกรม Vidinoti และสามารถมองเห็นเป็นภาพ 3 มิติผ่านการใช้แอปพลิเคชัน V-player

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญสังเกตเห็นว่า นักเรียนมีการแบ่งกลุ่มและแบ่งหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบที่ชัดเจน นักเรียนมีส่วนช่วยกันในการศึกษาเนื้อหาหรือคู่มือการใช้โปรแกรม Vidinoti มีการอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการทดลองและการคำนวณการเตรียมสารละลาย อีกทั้งนักเรียนสนุกไปกับการทำการทดลองและทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และยังมีบางกลุ่มที่ไม่สามารถทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติผ่านโปรแกรม Vidinoti แต่มีการปรึกษาและให้เพื่อนอีกกลุ่มที่สามารถทำได้สอน

...นักเรียนบางกลุ่มยังทำไม่ได้ แต่มีเพื่อนไปสอน

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรปรับปรุงคู่มือหรือขั้นตอนในการอธิบายชี้แจงการใช้โปรแกรม Vidinoti ให้ละเอียดขึ้น เนื่องจากเมื่อสแกนผ่านแอปพลิเคชัน V-player ยังไม่สามารถขึ้นเป็น Virtual experiment 3 มิติได้ของกลุ่มนักเรียนบางกลุ่ม ซึ่งครูประจำการได้แนะนำให้ว่าควรมีการตรวจเช็คแอปพลิเคชัน V-player และโปรแกรม Vidinoti ให้ดีก่อนที่จะนำมาใช้จริง มีการทำกิจกรรมที่สนุกสนาน กระตุ้นความสนใจของนักเรียน ไม่รู้สึกเบื่อหน่ายกับการเรียนและสนุกกับการเรียนมากขึ้น

...ในครั้งต่อไปผู้วิจัยควรตรวจเช็คโปรแกรมและแอปพลิเคชันมาก่อนใช้งานจริง

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

...ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย สนุก ตื่นเต้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

เมื่อให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มจะเห็นได้ว่านักเรียนร่วมกันทำงานเป็นอย่างดีขึ้น มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากมีการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความช่วยเหลือกันมากขึ้น แทบจะไม่มีนักเรียนวิ่งเล่นหรือเล่นโทรศัพท์ ทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในชิ้นงานของกลุ่มอีกด้วย

...ควรให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่มให้บ่อยขึ้น

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

...ฝึกการทำงานเป็นทีม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของแต่ละคน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานของตนเอง เพื่อร่วมกันพิจารณา Virtaul experiment ที่ได้สร้างขึ้นกับภาพวาด 2 มิติว่าสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร หากไม่สอดคล้อง นักเรียนต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้มีความสอดคล้องมากขึ้น โดยเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 2

...นักเรียนที่นั่งฟังเพื่อนนำเสนอในครั้งนี้ให้นักเรียนเป็นผู้ถามคำถามเพื่อน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

**ภาพ 9 การนำเสนอแบบจำลอง Virtual experiment เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

**ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง** ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเอง โดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและปรากฏการณ์นั้นๆ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนทราบถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถประเมินและสรุปแนวคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้

หลังจากที่นักเรียนได้ข้อสรุปแบบจำลองที่ถูกต้องและได้ข้อความรู้เกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย ในขั้นตอนนี้จะให้นักเรียนได้นำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้นไปใช้ในการอธิบาย โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันทำโจทย์คำนวณต่างๆ ในใบงาน ซึ่งผู้วิจัยจะใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนเพิ่มเติมถึงแบบจำลองที่นักเรียนได้เรียนไปว่าสามารถนำไปใช้ในการตอบคำถามได้ทุกข้อหรือไม่ ถ้าไม่ แล้วมีขอบเขตอะไรบ้าง

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เมื่อนักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของกลุ่มตนเองแล้ว ครูให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยครูให้นักเรียนทำโจทย์เกี่ยวกับการคำนวณหน่วยความเข้มข้นต่างๆ จากใบงาน ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์โจทย์ แยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายได้ถูกต้อง ส่งผลทำให้ในการเลือกหน่วยความเข้มข้นมาคำนวณได้ถูกต้อง แต่มีบางส่วนที่ยังแปลงหน่วยความเข้มข้นที่เลือกไปเป็นอีกหน่วยได้ไม่ถูกต้อง

...นักเรียนบางคนยังสับสนและไม่สามารถแปลงหน่วยได้

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 22 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาคำนวณในโจทย์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลอง3 มิติ และผู้วิจัยมีการใช้คำถามในใบงานให้ชัดเจนมากขึ้น นักเรียนไม่งงกับคำถาม และอธิบายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจโจทย์เป็นไปตามแนวทางเดียวกัน ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์โจทย์ ส่งผลทำให้ในการเลือกวิธีการเตรียมสารละลายมาคำนวณได้ถูกต้อง

...นักเรียนวิเคราะห์โจทย์เกี่ยวกับการเตรียมสารละลายได้ดีขึ้น และแยกวิธีการเตรียมสารได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

**2.3 สรุปผลการสะท้อน**

จากผลการสะท้อนโดยครูประจำการและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

ข้อดี

1. นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลายไม่น่าเบื่อ ได้ลงมือปฏิบัติจริงในการสร้างชิ้นงาน และเหมาะสมกับเนื้อหา ทำให้มีความกระตือรือร้นในการเรียนและเข้าใจเนื้อหาได้ดี

2. นักเรียนได้รู้จักการใช้เทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้

3. นักเรียนสนุกและตื่นเต้นกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ทำให้เกิดการกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน

4. นักเรียนเข้าใจวิธีการเตรียมสารละลายมากขึ้น เมื่อครูให้โจทย์ที่ซับซ้อนขึ้น

5. การทดลองเตรียมสารละลายทั้ง 2 ตอน มีบางอุปกรณ์ เช่น ปิเปตขวด วัดปริมาตร ที่นักเรียนไม่เคยใช้ ครูจึงสอนวิธีการใช้อุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด รวมไปถึงวิธีการปรับปริมาตร และการอ่านสารต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง

6. ก่อนการทำกิจกรรมได้มีการเปิด youtube ที่เกี่ยวกับการใช้ vidinoti และครูได้สอนวิธีการใช้เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้วิธีการใช้ไปด้วยกัน เนื่องจาก vidinoti มีการใช้ที่ค่อนข้างซับซ้อน

7. ในการทำกิจกรรมครั้งนี้ได้ควบคุมเวลาได้ตามที่กำหนด 5 ชั่วโมง และสำเร็จไปได้ด้วยดี

ข้อควรปรับปรุง

1. ผู้วิจัยควรตรวจสอบโปรแกรมและแอปพลิเคชันที่ใช้งานก่อนนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้จริงในห้อง สำหรับการทำการทดลองเสมือนจริงนั้นได้เปลี่ยนการทำแบบจำลองจาก www.zapwork.com มาเป็น www.vidinoti.com เนื่องจากใน vidinoti มีลูกเล่นที่ใช้ในการทำแบบจำลองที่มากกว่า และความเสถียรของการใช้

2. ผู้วิจัยควรกำชับให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง

3. ผู้วิจัยควรจัดกลุ่มให้นักเรียนที่มีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และ ICT อยู่ในแต่ละกลุ่ม

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นบานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดกาเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 เนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญมากยิ่งขึ้นในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติออกมา อีกทั้งในการทำกิจกรรมมีการชี้แจงรายละเอียดก่อน เวลาในการทำกิจกรรม การอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการทำกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเข้าใจและทำกิจกรรมตามเป้าหมายที่วางไว้ และใช้เวลาทำกิจกรรมได้ตามที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ผู้วิจัยควรที่จะให้ความสำคัญแก่การทบทวนความรู้พื้นฐานและความรู้ใหม่ของนักเรียนในเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยเฉพาะหน่วยโมลาริตี ซึ่งเป็นความรู้จำเป็นในการแสดงออกแบบจำลองของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและแสดงออกชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติให้ได้ดีที่สุด ตลอดจนในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน ช่วยเหลือกันมากขึ้น และมีพัฒนาการในการใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองได้ดีขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยควรปรับปรุงแก้ไขและปฏิบัติดังนี้ ผู้วิจัยควรมีการศึกษาและตรวจสอบโปรแกรมและแอปพลิเคชันอย่างละเอียดก่อนที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้จริงในห้องเรียน และควรนำสื่อที่สามารถจับต้องได้หรืออยู่ในชีวิตประจำวันมาเสริมในการอธิบายข้อสรุปของเนื้อหาให้นักเรียนเข้าใจและมองเห็นภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นและเตือนนักเรียนทุกครั้งเมื่อใกล้หมดเวลา รวมถึงกำชับให้นักเรียนได้แสดงออกชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของตนเอง ไม่คัดลอกผลงานคนอื่น

**3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**3.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาสถานการณ์ที่น่าสนใจที่จะนำมากระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการที่จะศึกษาและค้นหาคำตอบเพื่อจะเชื่อมโยงไปถึง

เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังมีการทบทวนและสอนเนื้อหาที่จำเป็นก่อนที่จะมีการเรียน ได้แก่ ทบทวนหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยเฉพาะหน่วยโมแลลิตี รวมถึงการปรับเปลี่ยนวิธีการทบทวนเนื้อหาให้เป็นรายบุคคลแทนการทบทวนเป็นรายกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงเนื้อหาและได้รับความรู้ด้วยตนเอง โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลายนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยปรับปรุงตามผลการสะท้อนในวงจนปฏิบัติการที่ 2 รวมทั้งศึกษาโปรแกรมที่จะสามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่ซับซ้อนสามารถสร้างเป็น 3 มิติ

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้กำหนดการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 29 มกราคม 2563 ซึ่งผู้วิจัยได้จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว และเครื่องมือเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ชุด แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและ Colligative properties test

3.2 **การดำเนินการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงตามขั้นตอนของ Gilbert & Justi (2016) ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง** เป็นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับเรื่องสารละลาย โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบและใช้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น

ผู้วิจัยได้ชี้แจงกิจกรรม วัตถุประสงค์ของการทำกิจกรรม จากนั้นชี้แจงว่าเมื่อเรียนจบในเรื่องนี้แล้วจะมีการสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียนหลังการเรียน 3 เนื้อหา ในเรื่องสารละลาย ได้แก่ หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลายและสมบัติบางประการของสารละลาย โดยได้อธิบายภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ให้นักเรียนเข้าใจก่อนว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เหมือนกับสัปดาห์ก่อนที่ผ่านมา โดยนักเรียนจะต้องได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเช่นเดิม และยังได้ถามนักเรียนถึงการแบ่งกลุ่ม ว่าพอใจในกลุ่มของตนเองหรือไม่ ต้องการให้จัดกลุ่มใหม่หรือไม่ ซึ่งนักเรียนพอใจกับกลุ่มตนเองแล้ว ผู้วิจัยได้กำชับและเน้นย้ำถึงการไม่คัดลอกผลงานคนอื่นและการทำงานร่วมกันว่าควรช่วยเหลือกันและชี้แจงการเก็บคะแนนเป็นรายกลุ่มเพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกัน อีกทั้งชี้แจงถึงการแสดงออกของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ

ของกลุ่มตัวเองเพื่อให้เพื่อนในกลุ่มและครูเข้าใจแบบจำลองที่สร้างขึ้น จากนั้นครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อนเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาว่า "นักเรียนคิดว่า สารละลายและสารบริสุทธิ์ซึ่งเป็นตัวทำละลายของสารละลายนั้นจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร" และเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

จากแบบสะท้อนผลการจัดกาเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูประจำการเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร่วมกันแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มจากคำถามที่ครูถาม ไม่นิ่งเฉย และพยายามแลกเปลี่ยนความคิดกันมากขึ้น

....พยายามหาเหตุผลมาตอบคำถาม

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

...นักเรียนตั้งใจตอบคำถามผู้วิจัยดีมาก

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยการถามคำถาม ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวัน และแยกองค์ประกอบของสารละลาย ถามความแตกต่างองสารละลายและสารบริสุทธิ์ เชื่อมโยงไปสู่เรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับจุดเดือดที่เพิ่มมากขึ้น และการลดลงของจุดเยือกแข็ง ขณะที่ตั้งคำถามกับนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจตอบคำถาม และกระตือรือร้น

**ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง** ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้วิธีการซ้อนภาพสามมิติที่จัดทำขึ้นซึ่งอยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่สามารถมองผ่านอุปกรณ์ ได้แก่ กล้องมือถือสมาร์ทโฟน ในรูปแบบ 3 มิติ ที่มีมุมมอง 360 องศา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งผู้เรียนต้องแสดงออกแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ เพื่อสื่อสารให้เพื่อนและครูได้เข้าใจในชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของกลุ่มตนเอง

หลังจากนักเรียนได้ทบทวนความรู้จากเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยเฉพาะหน่วยโมแลลิตี เพื่อที่จะใช้ในการเรียนเนื้อหา เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย แล้วเกิดความสงสัยเกี่ยวกับความเหมือนหรือแตกต่างระหว่างจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารละลายและสสารบริสุทธิ์ ที่ผู้วิจัยได้ใช้คำถามในการกระตุ้นให้คิดไว้ จากนั้นผู้วิจัยแบ่งกลุ่มนักเรียน 5 คน และให้นักเรียนทำการทดลอง ดังนี้ ตอนที่ 1 เรื่อง การหาจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย ตอนที่ 2 เรื่อง การหาจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย และให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย เพื่ออธิบายความแตกต่างของจุดเดือด จุดหลอมเหลวของสารละลายและสารบริสุทธิ์ โดยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการกระตุ้นนักเรียนร่วมกัน ซึ่งคำถามที่ใช้ ได้แก่ "จากภาพ 2 มิติจากการทดลอง การหาจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย สารละลายและสารบริสุทธิ์มีจุดเดือดเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร" และ "จากการทดลองหาจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์กับสารละลาย เหมือนหรือต่างกัน อย่างไร"

จากนั้นผู้วิจัยเดินสำรวจนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อสำรวจการทำการทดลอง และการวาดภาพ 2 มิติ แล้วสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน แล้วให้เพื่อนในห้องแสดงความคิดเห็นว่าแบบจำลองใครเหมือนหรือแตกต่างกับเพื่อนบ้าง แล้วตอบคำถามว่าทำไมถึงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองของนักเรียนเบื้องต้นกับของเพื่อนที่ออกมานำเสนอ

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูประจำการสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพ 2 มิติออกมา เมื่อผู้วิจัยเดินสำรวจเดินสำรวจนักเรียนแล้วพบว่า มีนักเรียน 2 กลุ่มที่มีชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ที่น่าสนใจ จึงให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เมื่อเพื่อนออกมานำเสนอ นักเรียนในห้องตั้งใจฟังดีขึ้น และมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม แต่ยังมีบางคนไม่แสดงความคิดเห็น ซึ่งเมื่อผู้วิจัยถามมว่าใครมีแบบจำลองของใครเหมือนกับเพื่อนบ้าง มีนักเรียนประมาณ 8 กลุ่มที่ยกมือและส่วนกลุ่มที่เหลือคือแตกต่าง

...นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรม และชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ถูกต้อง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

...สนใจตอบคำถามดีขึ้น

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนเริ่มเข้าใจแนวการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงของผู้วิจัยมากขึ้น ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้อธิบายและชี้แจงสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติ นักเรียนสามารถเข้าใจทันที และในการทำการทดลองครูประจำการได้สะท้อนว่า ผู้วิจัยควรเน้นย้ำการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของเด็ก

**ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง** ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านกิจกรรมการสร้าง Colligative properties test เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายกิจกรรมนั้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน เป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหลังจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเองโดยการวาดภาพ 2 มิติ

หลังจากนักเรียนได้วาดภาพ 2 มิติจากการทดลองทั้ง 2 ตอน แล้วร่วมกันอภิปรายถึงแบบจำลองระหว่างกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจก่อน โดยบอกกล่าวกับนักเรียนว่า เดี๋ยวเราจะมาตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนวาดรูปไปนั้นถูกต้องหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลองสารอีก 3 ชนิด แล้วดำเนินการเขียนขั้นตอนการทำการทดลอง พร้อมทั้งให้นักเรียนทำ Colligative properties test เพื่อแสดงความแตกต่างของจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย ผ่านโปรแกรม Vidinoti และสามารถมองเห็นเป็นภาพ 3 มิติผ่านการใช้ แอปพลิเคชัน V-player

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญสังเกตเห็นว่า นักเรียนมีการแบ่งกลุ่มและแบ่งหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบที่ชัดเจน นักเรียนมีส่วนช่วยกันในการศึกษาเนื้อหาหรือคู่มือการใช้โปรแกรม Vidinoti มีการอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการทดลองและการคำนวณการเตรียมสารละลาย อีกทั้งนักเรียนสนุกไปกับการทำการทดลองและทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และยังมีบางกลุ่มที่ไม่สามารถทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ผ่านโปรแกรม Vidinoti แต่มีการปรึกษาและให้เพื่อนอีกกลุ่มที่สามารถทำได้สอน

...นักเรียนทุกกลุ่มมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ที่ดีขึ้น และสามารถทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 29 มกราคม 2563)

ผลการสะท้อนในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยได้ปรับปรุงคู่มือหรือขั้นตอนในการอธิบายชี้แจงการใช้โปรแกรม Vidinoti ให้ละเอียดขึ้น เมื่อสแกนผ่านแอปพลิเคชัน V-player สามารถขึ้นเป็น Colligative properties test ได้ มีการทำกิจกรรมที่สนุกสนาน กระตุ้นความสนใจของนักเรียน ไม่รู้สึกเบื่อหน่ายกับการเรียนและสนุกกับการเรียนมากขึ้น

...ผู้วิจัยตรวจเช็คโปรแกรมและแอปพลิเคชันมาก่อนใช้งานจริง

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 29 มกราคม 2563)

...ผู้เรียนรู้สึกสนุกกับการเรียนรู้ และภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 29 มกราคม 2563)

เมื่อให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มจะเห็นได้ว่านักเรียนร่วมกันทำงานเป็นอย่างดี มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากมีการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความช่วยเหลือกันมากขึ้น แทบจะไม่มีนักเรียนวิ่งเล่นหรือเล่นโทรศัพท์ ทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในชิ้นงานของกลุ่มอีกด้วย

...ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 29 มกราคม 2563)

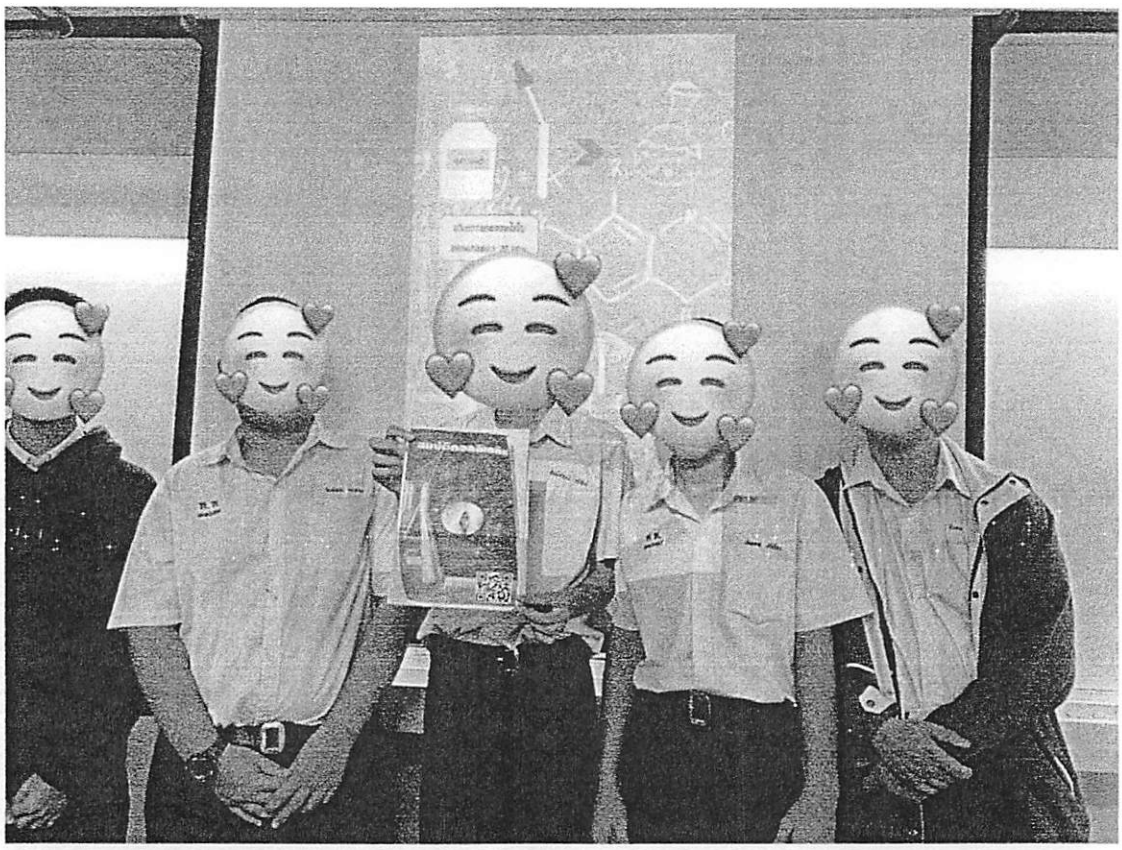
...ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สวยงาม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 29 มกราคม 2563)

จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณา Colligative properties test ที่ได้สร้างขึ้นกับภาพวาด 2 มิติ โดยครูให้นักเรียนออกมานำเสนอผลงานของตนเอง ว่าสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร หากไม่สอดคล้อง นักเรียนต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้มีความสอดคล้องมากขึ้น โดยเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 3 เพื่อให้เพื่อนกลุ่มต่างๆ และครูร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นถึงความสอดคล้องระหว่างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ

...นักเรียนมีการพูดนำเสนอ และเพื่อนมีการโต้ตอบกับเพื่อนที่นำเสนอเมื่อถามคำถาม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)



**ภาพ 10 การนำเสนอแบบจำลอง** Colligative properties test
**เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง** ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเอง โดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและปรากฏการณ์นั้นๆ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนทราบถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถประเมินและสรุปแนวคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้

หลังจากที่นักเรียนได้ทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ คือ Colligative properties test ในขั้นตอนนี้นักเรียนหลังจากที่นักเรียนได้ข้อสรุปแบบจำลองที่ถูกต้องและได้ข้อความรู้เกี่ยวกับสมบัติที่สำคัญของสารละลาย ในขั้นตอนนี้จะให้นักเรียนได้นำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้นไปใช้ในการอธิบาย โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันทำโจทย์คำนวณต่างๆ ในใบงาน ซึ่งผู้วิจัยจะใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนเพิ่มเติมถึงแบบจำลองที่นักเรียนได้เรียนไปว่าสามารถนำไปใช้ในการตอบคำถามได้ทุกข้อหรือไม่ ถ้าไม่ แล้วมีข้อจำกัดอะไรบ้าง

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้ มีเพียงบางกลุ่มที่อาจจะมีปัญหาในการสร้างแบบจำลองตอนเริ่มต้น เมื่อเดินสำรวจในแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนมีความสนุกและสนใจในการสร้างแบบจำลองเป็นอย่างมาก และในช่วงแรกนักเรียนมีการวางแผนการทำงานเป็นอย่างดี โดยในกลุ่มที่ได้ผลการทดลองไม่เหมือนกับเพื่อนกลุ่มอื่น ได้ร่วมกันปรึกษากันภายในกลุ่มถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้แนะนำให้นักเรียนทำการทดลองซ้ำเพื่อหาข้อผิดพลาด จากนั้นนักเรียนได้ขอทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง เพื่อหาข้อสรุปก่อนที่จะทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งตลอดการทำชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และการทำโจทย์ในใบงานไม่มีนักเรียนคนใดที่เล่นโทรศัพท์หรือวิ่งเล่นหรือไม่ช่วยเพื่อนทำงานกลุ่ม บรรยากาศในห้องเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเต็มไปด้วยการเรียนรู้ที่สนุกสนาน และนักเรียนภาคภูมิใจที่สามารถสร้างแบบจำลองเป็นของตนเองได้

...บรรยากาศในชั้นเรียนกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้

(ครูประจำการ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

...นักเรียนภูมิใจผลงานของตนเองและตั้งใจทำโจทย์ในใบงาน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

...นักเรียนสนุกกับการเรียนรู้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

ผลการสะท้อนในขั้นตอนนี้ พบว่า เมื่อนักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ของกลุ่มตนเองแล้ว ครูให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยครูให้นักเรียนทำโจทย์เกี่ยวกับการสมบัติบางประการจากใบงาน ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์โจทย์ได้ ถ้าข้อไหนไม่ได้ เพื่อนจะช่วยเพื่อนในการแนะนำ และสอนเพื่อน สิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปสิ้นเชิงคือการแบ่งปันการเรียนรู้กันภายในชั้นเรียน นักเรียนเปิดใจที่จะยอมรับความคิดเห็นกันและกัน เมื่อนักเรียนคนไหนทำไม่ได้ เพื่อนอีกคนจะช่วยสอนทันที การเรียนรู้จึงเต็มไปด้วยความสนุกสนานและการแบ่งปัน ช่วยเหลือกันและกัน

**3.3 สรุปผลการสะท้อน**

จากผลการสะท้อนโดยครูประจำการและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

ข้อดี

1. บรรยากาศในชั้นเรียนดีขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น
2. ควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมได้ตามเวลาที่กำหนดไว้
3. ก่อนทำการทดลอง ครูได้แนะนำวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ ได้แก่ capillary tube , hot plate และ data logger รวมถึงข้อควรระวังในการใช้
4. เกิดความร่วมมือกันในชั้นเรียน
5. นักเรียนเปิดใจและกล้าแสดงความคิดเห็น

ข้อควรปรับปรุง

1. ต้องเตรียมพร้อมแก้ปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการทดลองของนักเรียน

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียนได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 2 เนื่องจากผู้วิจัยมีการใช้คำถามในการเชื่อมโยงกับสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และนำการทดลองมาเป็นตัวเชื่อมโยงในการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ รวมทั้งมีการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนไม่เคยใช้ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนที่อยากจะเรียนรู้ ส่งผลให้บรรยากาศในชั้นเรียนดีขึ้น ทำให้นักเรียนอยาก

เรียนรู้ จึงทำให้การสร้างแบบจำลองของนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ และนักเรียนรู้สึกอยากจะสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อเป็นการทบทวนเนื้อหาที่เรียนและเป็นการตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียนเมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ อีกทั้งทำให้นักเรียนเปิดใจยอมรับคำวิจารณ์ต่างๆ เพื่อนำกลับไปปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง และกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น รวมไปถึงการทำงานเป็นกลุ่มมีการวางแผนการทำงานที่ชัดเจนขึ้น แบ่งหน้าที่กัน ช่วยเหลือกันมากขึ้น และเข้าใจแนวทางการสอนเป็นอย่างดี ทำให้การควบคุมชั้นเรียนเป็นไปได้ง่ายขึ้น

ตาราง 7 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ และแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรปฏิบัติการที่ 1 | วงจรปฏิบัติการที่ 2 | วงจรปฏิบัติการที่ 3 | |
| ขั้นการสร้างแบบจำลอง | ผู้วิจัยควรเลือกสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคลในการตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม | ผู้วิจัยความตั้งคำถามที่ไม่เป็นปลายปิดเกินไปและไม่มีคำตอบอยู่ในคำถาม | ผู้วิจัยควรเน้นย้ำถึงการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ของตนเองไม่คัดลอกผลงานคนอื่น | ครูถามคำถามเพื่อกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่ครูอธิบายถึงเนื้อหาเกี่ยวกับสารละลาย โดยคำถามที่นำมาถามจะต้องชัด ตรงประเด็น และเป็นคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นได้ เช่น ให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเชื่อมโยงเนื้อหาในบทเรียนกับชีวิตประจำวันและควรมีคำถามที่ควรจะเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหา โดยอาจจะนำข่าวที่เกิดขึ้นหรือเรื่องราวน่าสนใจที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียน |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรปฏิบัติการที่ 1 | วงจรปฏิบัติการที่ 2 | วงจรปฏิบัติการที่ 3 | |
| ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง | ผู้วิจัยควรให้นักเรียนแบ่งกลุ่มโดยต้องมี 1 คนที่มีคอมพิวเตอร์และมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาในการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ รวมไปถึงการเน้นย้ำถึงการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ของตนเองไม่คัดลอกผลงานคนอื่น | ผู้วิจัยควรตั้งคำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันตรวจสอบแบบจำลองของนักเรียนเบื้องต้นกับของเพื่อนที่ออกมานำเสนอและในการทำการทดลองควรมีการเน้นย้ำถึงข้อควรระวังในการทดลองและการฝึกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์เบื้องต้นก่อนที่จะทำการทดลอง | ผู้วิจัยควรสุ่มนักเรียนที่ไม่มีการแสดงความคิดเห็นในแบบจำลองของเพื่อนเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน | ในการวาดภาพ 2 มิติในใบกิจกรรม ซึ่งนักเรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองของตนเองก่อนโดยการวาดรูปแทนความคิดของกลุ่ม ซึ่งครูควรเดินสำรวจและใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองออกมาให้ได้มากที่สุด ครูควรเน้นย้ำไม่ให้นักเรียนคัดลอกผลงานของคนอื่นโดยให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันระดมความคิด แล้วสรุปเป็นความเห็นกลุ่มของตนเองขึ้นมา และการทำงานร่วมกันจะต้องมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แบ่งหน้าที่อย่างชัดเจน |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรปฏิบัติการที่ 1 | วงจรปฏิบัติการที่ 2 | วงจรปฏิบัติการที่ 3 | |
| ขั้นการทดสอบแบบจำลอง | ผู้วิจัยควรศึกษาเว็บและแอปพลิเคชันที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้มากกว่านี้ เพื่อจะได้รู้ข้อจำกัดของการใช้ในการสร้างแบบจำลอง และควรมีคลิปวิดีโอแนะนำวิธีการสร้างประกอบ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการสร้างมากขึ้น | ผู้วิจัยควรมีการตรวจเช็คแอปพลิเคชัน V-player และโปรแกรม Vidinoti ให้ดีก่อนที่จะนำมาใช้จริง | ผู้วิจัยควรมีคำถามเพื่อเชื่อมโยงชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ กับชีวิตประจำวัน | ครูควรสอนวิธีการใช้เว็บและแอปพลิเคชันเทคโนโลยีเสมือนจริงให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะนำไปใช้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องมีคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 1 เครื่อง และควรมีสมาชิกในกลุ่มที่มีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ ครูจำเป็นต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียนเมื่อออกมานำเสนอชิ้นงานระหว่างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ กับ 3 มิติ เพื่อดูความสอดคล้องกัน ถ้าไม่สอดคล้องกันครูควรกระตุ้นคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพื่อนำไปแก้ไขแบบจำลองของตนเอง |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรปฏิบัติการที่ 1 | วงจรปฏิบัติการที่ 2 | วงจรปฏิบัติการที่ 3 | |
| ขั้นการประเมินแบบจำลอง | ผู้วิจัยควรมีการใช้คำถามในใบงานให้ชัดเจนมากกว่านี้ | ผู้วิจัยควรอธิบายโจทย์ในบางข้อที่แยกเพื่อให้นักเรียนเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน | ผู้วิจัยควรใช้คำถามเชื่อมโยงให้เข้ากับเนื้อหากับชีวิตประจำวัน | ครูควรตั้งคำถามในใบงานให้ชัดเจนมากกว่านี้ ถ้ามีข้อใดยากควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน และควรมีการตั้งคำถามและเปิดคลิปวิดีโอเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับสิ่งต่างๆในชีวิตประจำวันจะทำให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดและความรู้ร่วมกันมากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆได้มากขึ้น |

**4. สรุปผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย**

จากผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการที่ผ่านมา ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง ครูควรใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบหรือแนวความรู้เดิมของนักเรียนออกมา ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถทราบได้ว่า นักเรียนมีพื้นฐานความรู้อย่างไรบ้าง โดยคำถามที่นำมาถามจะต้องชัด ตรงประเด็น และเป็นคำถามปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นได้ เช่น ให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวัน พบว่ายังมีนักเรียนบางคนไม่สามารถยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวัน ไม่สามารถแยกองค์ประกอบของสารละลายได้ รวมไปถึงไม่สามารถนิยามความหมายของสารละลายได้ ครูควรหาคลิปวิดีโอหรือข่าวที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และมีการตั้งคำถามที่ควรจะเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหา เพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์และระดมสมอง เพื่อนำไปสู่การแสดงออกของแบบจำลองของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ครูควรให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม โดยมีอย่างน้อย 1 คน ที่ควรมีคอมพิวเตอร์และมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ และในการแสดงออกชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ครูควรให้นักเรียนระดมสมอง เพื่อให้สรุปแบบจำลองความคิดของกลุ่มตัวเอง และเพื่อใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่นักเรียนได้รับ ซึ่งครูต้องเน้นย้ำเรื่องการไม่คัดลอกผลงานคนอื่น ครูจะต้องเดินสำรวจนักเรียนแต่ละบุคคล แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองของตนเองให้มากที่สุด แต่ปัญหาที่พบ คือ เวลาในการเดินสำรวจเป็นรายบุคคลไม่เพียงพอ ทำให้มีนักเรียนบางคนไม่ได้ถูกกระตุ้นด้วยคำถามและแสดงออกแบบจำลองที่ไม่สอดคล้อง ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่เข้าใจในการนำความรู้ที่ได้รับมาเชื่อมโยงสถานการณ์กับการเปลี่ยนแปลงแล้วแสดงออกแบบจำลอง ดังนั้นครูจึงมีการปรับเปลี่ยนการกระตุ้นนักเรียนเป็นการเดินกระตุ้นนักเรียนอย่างทั่วถึง จากนั้นให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองของตนเองให้ในกลุ่มฟัง เพื่อเป็นการตรวจสอบเบื้องต้นและเพื่อเป็นการยอมรับแบบจำลองของคนอื่นมากขึ้น แล้วให้นักเรียนร่วมกันสรุปแบบจำลองของกลุ่มตนเองขึ้นมา จากนั้นครูให้นักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลอง เพื่อสื่อสารให้เพื่อนในห้องและครูรับทราบถึงแบบจำลองของกลุ่ม ทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ซึมซับความรู้จากเพื่อน เพื่อสามารถนำไปแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มตัวเองต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง ครูควรสอนวิธีการใช้แอปพลิเคชันและการใช้เว็ปในการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ก่อนที่จะนำไปใช้เพื่อให้รู้ถึงข้อจำกัดของแต่ละเว็บไซต์และแอปพลิเคชันที่นำมาสร้างแบบจำลอง ยกตัวอย่างเช่น ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีการนำ www.zapwork.com และ application zappar มาใช้ในการสร้าง QR code ปรากฏว่า ไม่สามารถนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่เป็น 3 มิติได้ ทำได้เพียงเป็นภาพเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติเท่านั้น จึงทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 เปลี่ยนมาใช้ www.vidinoti และ application v-player แทน จึงสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติได้ และควรเปิดคลิปวิดีโอควบคู่ไป เพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น รวมทั้งครูควรศึกษาข้อจำกัดของแต่ละเว็ปและแอปพลิเคชันในการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องมีคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนอย่างน้อยกลุ่มละ 1เครื่อง แล้วนำมาติดตั้งแอปพลิเคชันดังกล่าว จากนั้นครูจะให้นักเรียนวางแผนการดำเนินงาน ซึ่งปัญหาที่พบ คือ นักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่กันไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน จึงทำให้ระยะเวลาในการดำเนินการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ช้ากว่าเวลาที่กำหนด ดังนั้นครูควรจะต้องควบคุมเวลาให้ตรงตามที่กำหนดไว้ จากนั้นครูจะให้นักเรียนออกมานำเสนอผลงานของตนเอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้องและทำให้นักเรียนนำแบบจำลองไปปรับปรุงแก้ไข หากแบบจำลองไม่สอดคล้องกันระหว่างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อให้นักเรียนได้แบบจำลองที่ถูกต้อง และครูจึงอธิบายเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงไปยังชีวิตประจำวันเพิ่มเติม

ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินแบบจำลอง ครูควรตั้งคำถามในใบงานให้ชัดเจนมากกว่านี้ ถ้ามีข้อใดยากควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน และควรมีการตั้งคำถาม ซึ่งปัญหาที่พบ คือ นักเรียนบางคนใช้เวลาค่อนข้างมากในการทำใบงาน ครูจึงจำเป็นต้องให้ทำเป็นกลุ่มในช่วงข้อท้าย ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และร่วมกันในการแสดงออกความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดและความรู้กันมากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ได้มากขึ้น

**ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย**

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากชิ้นงานของนักเรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยจะนำเสนอผลการวิจัยจากกระบวนสร้างแบบจำลอง ในช่วงระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**2.1 ผลการพัฒนาในด้านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง**

การศึกษาผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากแบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกไว้ในระหว่างการทำกิจกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ และแสดงผลของระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

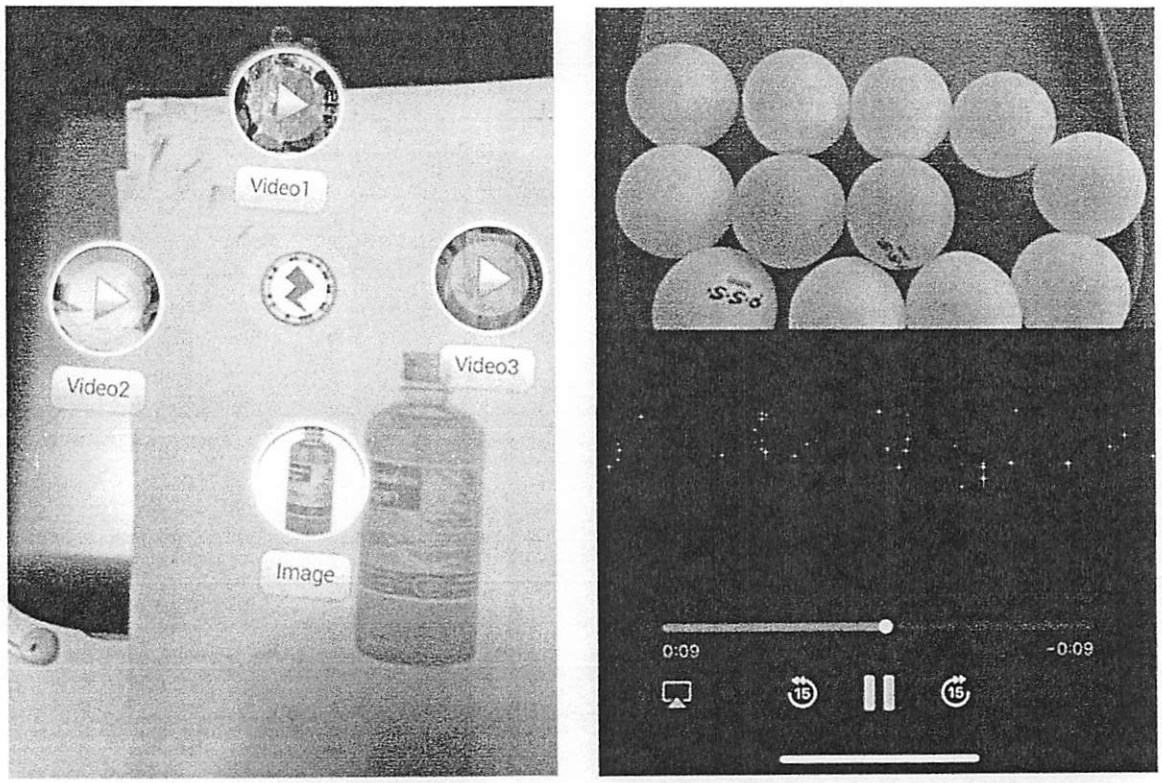
**ตาราง 8 แสดงผลของระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง**

| วงจรปฏิบัติการ | ระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง (ร้อยละ) | | |
|---|---|---|---|
| | สูง | กลาง | ต่ำ |
| วงจรปฏิบัติการที่ 1 | 3 (33.33) | 3 (33.33) | 3 (33.33) |
| วงจรปฏิบัติการที่ 2 | 7 (77.77) | 2 (22.23) | 0 (0) |
| วงจรปฏิบัติการที่ 3 | 6 (66.67) | 3 (33.33) | 0 (0) |

จากผลของระดับทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่า เมื่อทำการจัดกลุ่มระดับทักษะการสร้างแบบจำลองดังตาราง 8 ภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับสูง ได้แก่ ด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุงและการนำเสนอแบบจำลอง ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ มีนักเรียนบางส่วนที่มีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับกลางและระดับต่ำ สาเหตุเกิดจากนักเรียนไม่ได้สื่อสารและแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างชัดเจน สามารถวางแผนการดำเนินการสร้าง และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้บางส่วน และมีปัญหาในขณะนำเสนอแบบจำลอง เกิดจากการไม่กล้าแสดงออก รวมไปถึงการมีองค์ความรู้ในเรื่องสารละลายน้อยและคลาดเคลื่อนจึงทำให้เกิดปัญหาในขณะการสร้างชิ้นงานแบบจำลองขึ้น

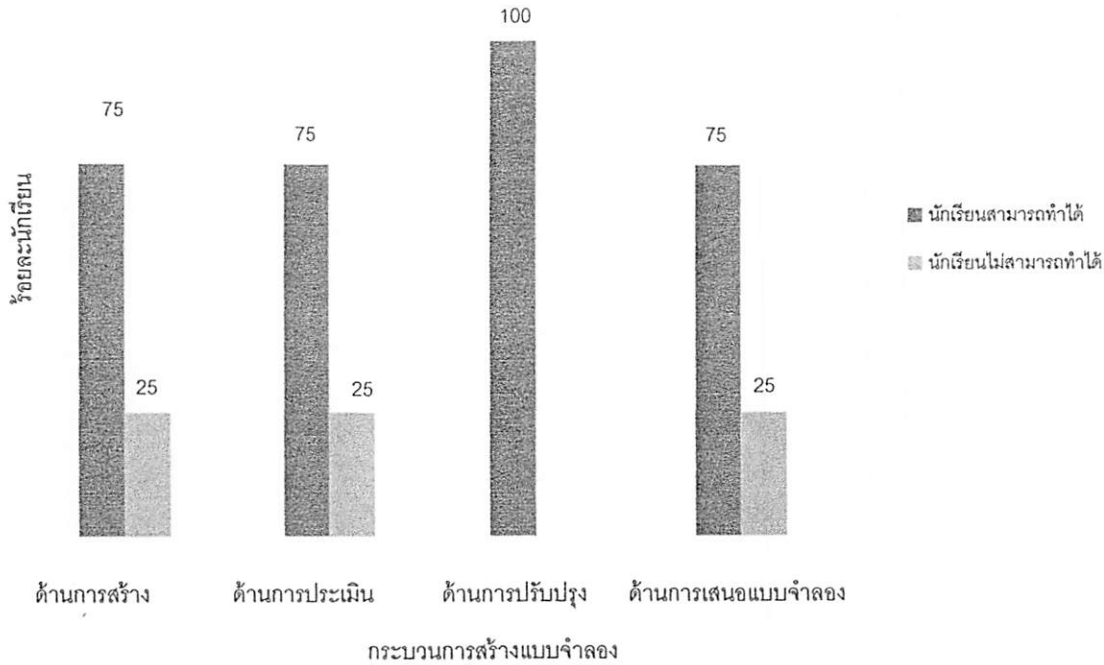
1. **วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

ในเรื่องย่อยนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำคือ การสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และการเลือกหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย จากนั้นสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองและสัมภาษณ์ขณะนำเสนอชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ




**ภาพ 11 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้น** QR code

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง




**ภาพ 12 จำนวนร้อยละของนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสาระลาย**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย โดยการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับสูง กลางและต่ำอย่างเท่ากัน และเมื่อพิจารณาจากกระบวนการสร้างแบบจำลองทั้ง 4 ด้าน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูปแสดงองค์ปะกอบของน้ำเกลือและน้ำเชื่อมได้ สามารถระบุตัวถูกละลายและตัวทำละลาย แยกความแตกต่างได้ว่าตัวถูกละลายต่างกัน มีตัวทำละลายเหมือนกัน และบอกความเหมือนได้ว่ามีตัวถูกละลายเป็นของแข็งเหมือนกัน และสามารถสร้าง QR code ได้เป็นภาพเคลื่อนไหวที่แสดงองค์ประกอบของสารละลายตามผลิตภัณฑ์ของแต่ละกลุ่มเลือก รวมทั้งมีคลิปวิดีโออธิบายหน่วยความเข้มข้น และการคำนวณเปลี่ยนหน่วย ด้านการประเมิน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และ QR code ที่มีความสอดคล้องกัน เนื่องจากแบบจำลองทั้งสองสามารถแยกองค์ประกอบของสารละลายและจำแนกได้ว่าองค์ประกอบใดเป็นตัวถูกละลายหรือตัวทำละลาย และใน QR code นักเรียนยังสามารถเชื่อโยงไปสู่การเลือกหน่วยความเข้มข้นได้ ถ้าเข้าใจความหมายของสารละลายจากการวาดรูปชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ด้าน

การปรับปรุง พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียน นักเรียนจะสามารถรู้ถึงจุดแก้ไขของชิ้นงาน ซึ่งนักเรียนทุกกลุ่มสามารถแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และ QR code ให้ถูกต้องและสอดคล้องกันได้ และด้านการนำเสนอ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) สามารถออกมานำเสนอผลงานของตนเองได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอ และเป็นการร่วมกันอภิปรายระหว่างครูกับนักเรียน เมื่อกลุ่มอื่นถามนักเรียนสามารถตอบคำถามได้ สอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองระดับสูง ระดับกลางและระดับต่ำเท่ากัน พบว่า นักเรียนที่มีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับสูง นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในบทบาทของตนเองและของสมาชิก ร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้ชิ้นงานแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่มโดยผ่านการแก้ไขอย่างต่อเนื่องและสามารถนำเสนอชิ้นงานแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : ปัญหาขณะการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ QR code พบปัญหาหรือไม่

นักเรียน A : ไม่มี เพราะว่าทุกคนแบ่งหน้าที่กัน และมีคนที่มีคอมพิวเตอร์และใช้คอมพิวเตอร์เป็น ทำให้การสร้างแบบจำลองผ่านไปรวดเร็ว

ผู้วิจัย : ผ่านกระบวนการแก้ไขหรือไม่

นักเรียน B : ผ่าน เพราะว่ากว่าจะได้แบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่มก็ต้องแก้ไขหลายรอบ

ส่วนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองปานกลาง พบว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยนักเรียนสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้เป็นแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่ม โดยผ่านการแก้ไขปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง แต่จากการนำเสนอแบบจำลอง ยังคงไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอ และการสื่อสารกันภายในกลุ่ม ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : ปัญหาขณะการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ QR code พบปัญหาหรือไม่

นักเรียน C : พบปัญหาขณะก่อนทำ ไม่มีหน้าที่กันชัดเจน บางคนก็นั่งเฉยๆ ไม่ได้ช่วยอะไร

ผู้วิจัย : ใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองเท่าไร

นักเรียน C : เสร็จกลุ่มรองสุดท้ายในห้อง และยังไม่สมบูรณ์

ผู้วิจัย : ไม่สมบูรณ์อย่างไร

นักเรียน D : ไม่ได้ผ่านการลงความเห็น เลยยังไม่ได้แบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่ม แต่ทำไปก่อนเพื่อให้ได้งานออกมา

ส่วนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับต่ำ พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการสร้างช้า มีความรู้ในการสร้างคลาดเคลื่อน มีการสื่อสารน้อยมาก ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในขณะทำการสร้างแบบจำลองและมีปัญหาในขณะนำเสนอแบบจำลอง เกิดจากการไม่กล้าแสดงออก ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : จากภาพเคลื่อนไหวที่นักเรียนทำเป็นสารละลายแอลกอฮอล์ ภาพสีเหลืองและสีขาวแทนอะไรคะ

นักเรียน E : สีขาวแทนน้ำ และสีส้มแทนแอลกอฮอล์

ผู้วิจัย : มีส้ม และสีขาวกี่ลูกคะ

นักเรียน E : สีส้ม 7 ลูกและสีขาว 10 ลูก

ผู้วิจัย : ผลิตภัณฑ์นี้มีหน่วยเป็นอะไรคะ

นักเรียน F : %w/v หรือร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

ผู้วิจัย : แอลกอฮอล์ 70 % w/v มีความหมายว่าอะไรคะ

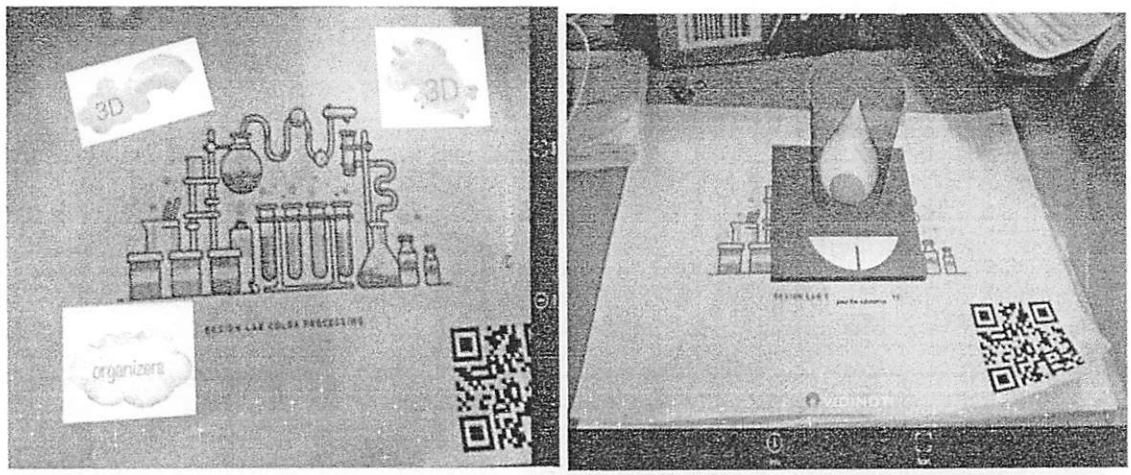
นักเรียน F : ในสารละลายแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร มีแอลกอฮอล์ 70 มิลลิลิตร

ผู้วิจัย : ปัญหาขณะการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ QR code พบปัญหาหรือไม่

นักเรียน G : ไม่มีการพูดคุยกันในกลุ่ม แบบจำลองทำเสร็จกลุ่มสุดท้าย ไม่ได้ผ่านการแก้ไข ทำแค่ครั้งเดียวก็ส่งเลย ในช่วงแรกมีปัญหากับการใช้คอมพิวเตอร์

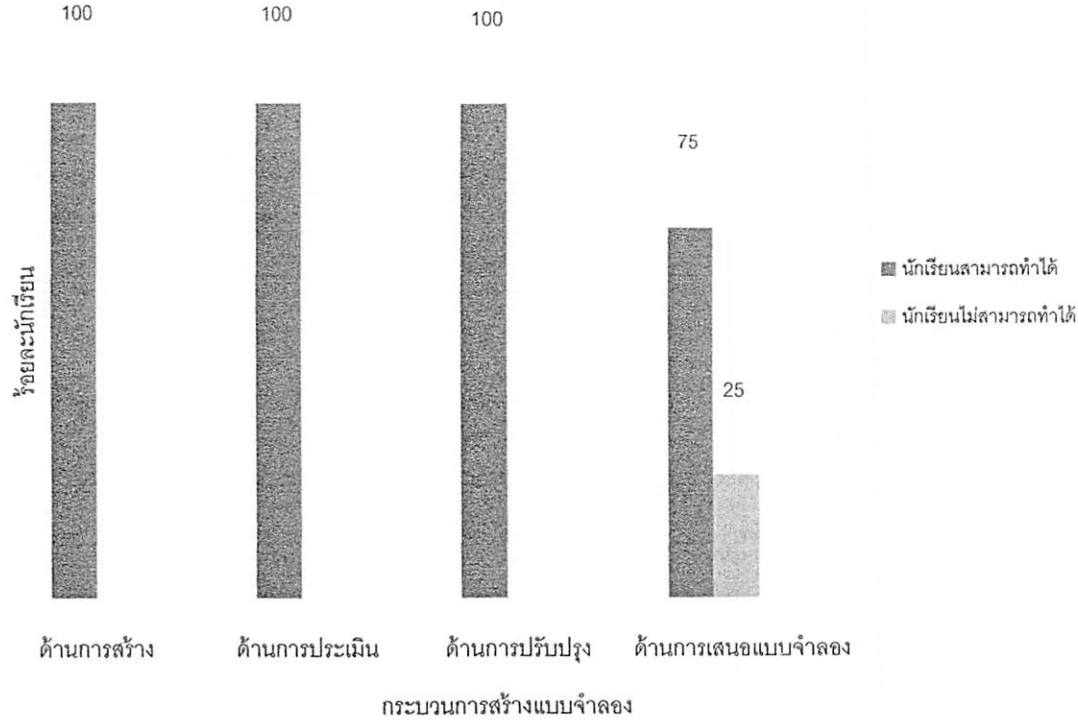
2. **วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

ในเรื่องย่อยนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำ คือ การสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงขั้นตอนของการเตรียมสารละลายทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และการเตรียมสารละลายจากเข้มข้นไปเจือจาง จากนั้นสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองและสัมภาษณ์ขณะนำเสนอชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ




**ภาพ 13 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง การเตรียมสารละลาย** Virtual experiment

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง




**ภาพ 14 จำนวนร้อยละของนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การเตรียม สารละลาย**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง การเตรียมสารละลาย โดยการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาจากกระบวนการสร้างแบบจำลองทั้ง 4 ด้าน พบว่า ในด้านการสร้าง นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ คือ ขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้ถูกต้องทั้ง 2 วิธี รวมทั้งเมื่อทำการทดลองทั้ง 2 ตอน นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ว่าตอนแรกเป็นการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ต้องมีการชั่งสารเคมี เมื่อเลือกวิธีการเตรียมสารละลายได้ถูกต้องจึงสามารถเลือกสูตรการคำนวณได้ถูกต้อง และในตอนที่ 2 เป็นการเตรียมสารละลายเข้มข้นไปเจือจาง และนักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ Virtual experiment โดยนักเรียนยังมีการแบ่งหน้าที่การสร้างแบบจำลองได้ดีมาก มีความชัดเจนในหน้าที่ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นตลอดการทำงาน และนักเรียนมีการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมใน google เพื่อทำให้ AR มีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น ด้านการประเมิน พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และรูปที่วาดในชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติได้สอดคล้องกัน แสดงถึงความเข้าใจในการเตรียมสารละลายได้ดีขึ้น สังเกตจากกระบวนกรสร้างแบบจำลอง และร่วมกันในกลุ่มวิเคราะห์

โจทย์และเลือกวิธีเตรียมสารได้ถูกต้องและรวดเร็ว ด้านการปรับปรุง พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ขึ้น เพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในชิ้นงาน และในด้านการนำเสนอแบบจำลอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) มีการนำเสนอชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้น่าสนใจ ทุกคนในกลุ่มของนักเรียนช่วยกันนำเสนองาน และนักเรียนยังอธิบายความเข้าใจของตนเองในการสร้างออกมาเป็นชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ครูและเพื่อนได้แสดงความคิดเห็นต่อผลงานและเป็นการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน สอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองระดับสูง พบว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยนักเรียนสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้เป็นแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่ม โดยผ่านการแก้ไขปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : ขณะการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ QR code ผ่านการแก้ไขหรือไม่

นักเรียน G : ผ่านหลายรายรอบมากกว่าจะได้แบบจำลองของกลุ่ม

ผู้วิจัย : พบปัญหาระหว่างทำหรือไม่

นักเรียน H : พบค่ะ แต่สามารถแก้ปัญหาได้

ผู้วิจัย : อย่างไร

นักเรียน H : ปัญหาที่พบคือ ตอนสร้างแบบจำลองจาก vidinoti สับสนกับการใช้แบบจำลอง แต่มีการแก้ปัญหา คือ ทุกคนช่วยกันเสิร์ชหาวิธีการใช้งาน แล้วช่วยกันสร้าง เลยทำให้สร้างแบบจำลองเสร็จเร็วกว่ากลุ่มอื่น เพราะว่าทุกคนช่วยกัน

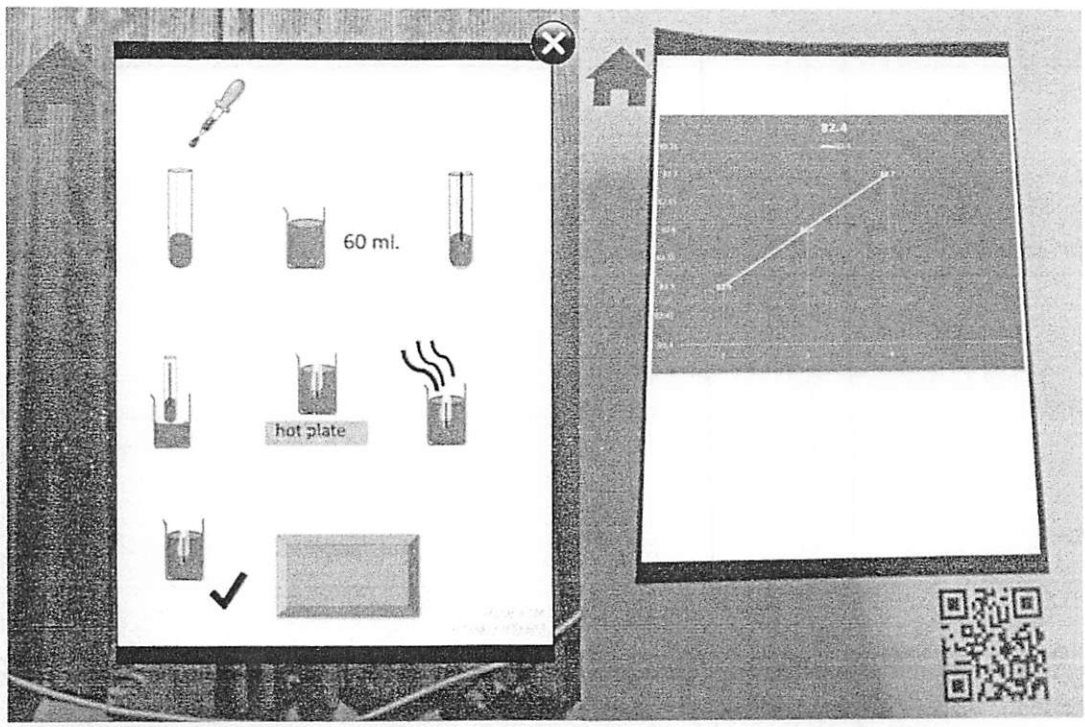
ส่วนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองปานกลาง พบว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยนักเรียนสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้เป็นแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่ม โดยผ่านการแก้ไขปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง แต่จากการนำเสนอแบบจำลองยังคงไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอ ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : การสร้างแบบจำลองพบปัญหาหรือไม่

นักเรียน I : พบครับ ตอนนำเสนอในกลุ่มไม่ค่อยมีบทบาทในการนำเสนอ มีคนเดียวที่พูดนำเสนอ เกี่ยงกันตอนตอบคำถาม

3. **วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

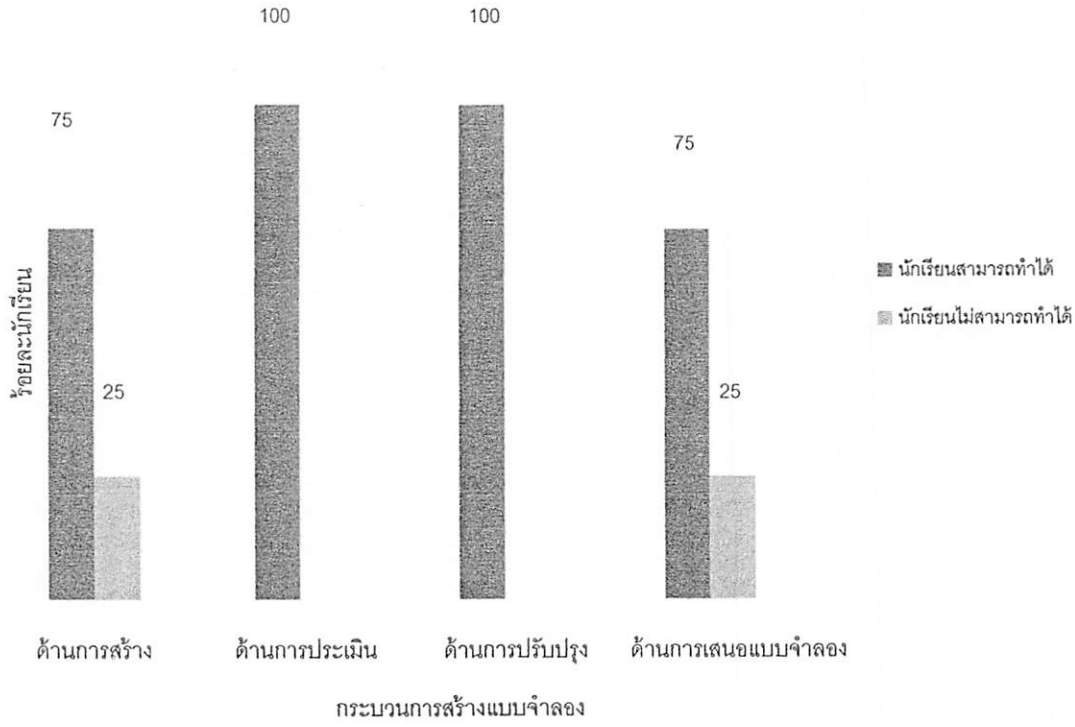
ในเรื่องย่อยนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำ คือ การสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงขั้นตอนของการทดลองหาจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย และกราฟแสดงผลการทดลอง จากนั้นสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองและสัมภาษณ์ขณะนำเสนอชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ




**ภาพ 15 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

Colligative properties test

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง




**ภาพ 16 จำนวนร้อยละของนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสาระลาย**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย โดยการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาจากกระบวนการสร้างแบบจำลองทั้ง 4 ด้าน พบว่า ในด้านการสร้าง นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยแสดงขั้นตอนการทดลองหาจุดหลอมเหลวของสารเข้าใจถูกต้อง แยกว่าสารไหนเป็นสารบริสุทธิ์ และสารละลาย สามารถอธิบายหน่วยความเข้มข้นในเรื่องโมลาริตีได้และยังสามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ Colligative properties test ได้ โดยมีกระบวนการสร้าง ดังนี้ เข้า www.vidinoti.com แล้วกด Free sign up ใส่ e-mail และรหัสผ่าน จากนั้นกดเลือกCreate new content แล้วเลือก image AR แล้วคลิกภาพพื้นหลัง จากนั้นกด Continue ตั้งชื่อ content name แล้วเขียนบรรยายเป็นภาษาอังกฤษ จากนั้นกด Continue แล้วกดรูปภาพ บรรยายขั้นตอนใน AR แล้วกด save and quit จากนั้นโหลดแอปพลิเคชัน V-player กดสแกนเพื่อจะดูภาพ 3 มิติ ด้านการประเมิน พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติได้สอดคล้องกัน ด้านการปรับปรุง พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อครูถามกระตุ้น

นักเรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ถูกต้อง และเพิ่มความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น และในด้านการนำเสนอแบบจำลอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 100) สามารถนำเสนอผลงานได้ดี มีการออกแบบวิธีการนำเสนอที่สร้างสรรค์และทุกคนในกลุ่มที่ออกมานำเสนอร่วมมือกัน สอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองระดับสูง พบว่า นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม การสื่อสาร และร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้ชิ้นงานแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่มโดยผ่านการแก้ไขอย่างต่อเนื่องและสามารถนำเสนอชิ้นงานแบบจำลอง ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : ปัญหาขณะการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ พบปัญหาหรือไม่
นักเรียน J : ไม่มี เพราะว่าเราผ่านการสร้างแบบจำลองมา 2 ชิ้นแล้ว และทุกคนในกลุ่มมีหน้าที่กันอย่างชัดเจน
ผู้วิจัย : ขณะนำเสนอพบปัญหาหรือไม่
นักเรียน K : ไม่พบค่ะ เพราะว่าเราเตรียมการนำเสนอแบบจำลองมาแล้ว ทุกคนแบ่งกันพูด สามารถตอบคำถามตอนที่ครูถามและเพื่อนถามได้

ส่วนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองปานกลาง พบว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยนักเรียนสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้เป็นแบบจำลองที่เป็นมติของกลุ่ม โดยผ่านการแก้ไขปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลอง 2 มติและ 3 มิติได้ แต่จากการนำเสนอแบบจำลอง ยังคงไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอและการตอบคำถาม ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : ปัญหาที่พบในขณะสร้างแบบจำลองมีหรือไม่ อย่างไร
นักเรียน L : ไม่มีค่ะ แต่ตอนที่ครูจะให้ออกมานำเสนอ ในกลุ่มจะเกี่ยงกัน และตอนครูกับเพื่อนถามก็ไม่มีใครตอบ

**ตอนที่ 3 ผลการศึกษามโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย**

ผู้วิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงในแต่ละวงจรปฏิบัติการ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ QR code , Virtual experiment และ Colligative properties test และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียนและหลังเรียนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เก็บข้อมูลโดยแบบสำรวจมโนทัศน์ที่มีลักษณะคำถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ซึ่งครอบคลุมมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย 3 มโนทัศน์ ได้แก่

มโนทัศน์ที่ 1 หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

มโนทัศน์ที่ 2 การเตรียมสารละลาย

มโนทัศน์ที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย

จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนตามระดับความสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 กลุ่ม ตาม Simpson and Marek (1998,pp.361-374) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (Scientific Understanding)

กลุ่มที่ 2 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding)

กลุ่มที่ 3 มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (Partial Understanding and Misunderstanding)

กลุ่มที่ 4 ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (Non-scientific Understanding)

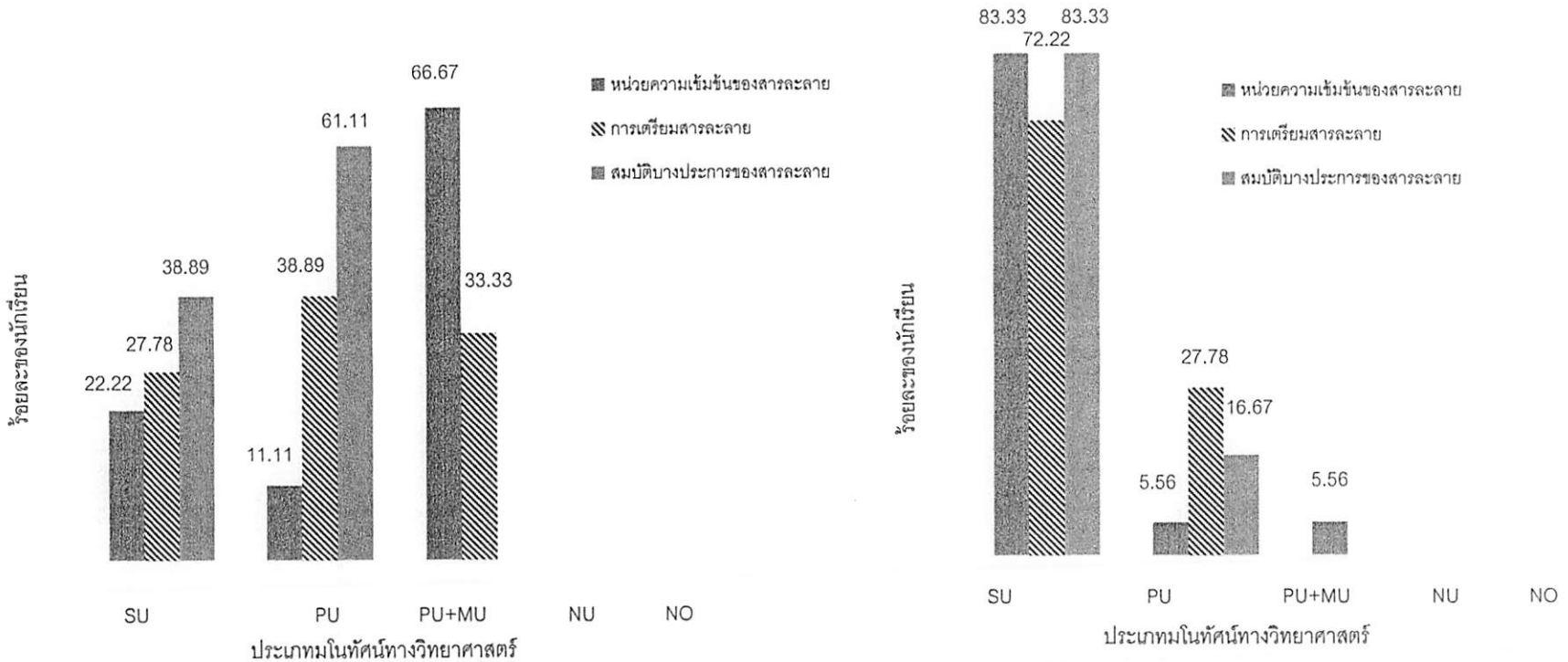
กลุ่มที่ 5 ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (No Answer)

ในรายงานผลการวิจัยผู้วิจัยจะนำเสนองานวิจัยโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ผลการพัฒนาในด้านความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ได้แก่ ชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ QR code, Virtual experiment และ Colligative Properties test ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

2. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

แผนภูมิแสดงร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ (ซ้าย) และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ (ขวา)ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ



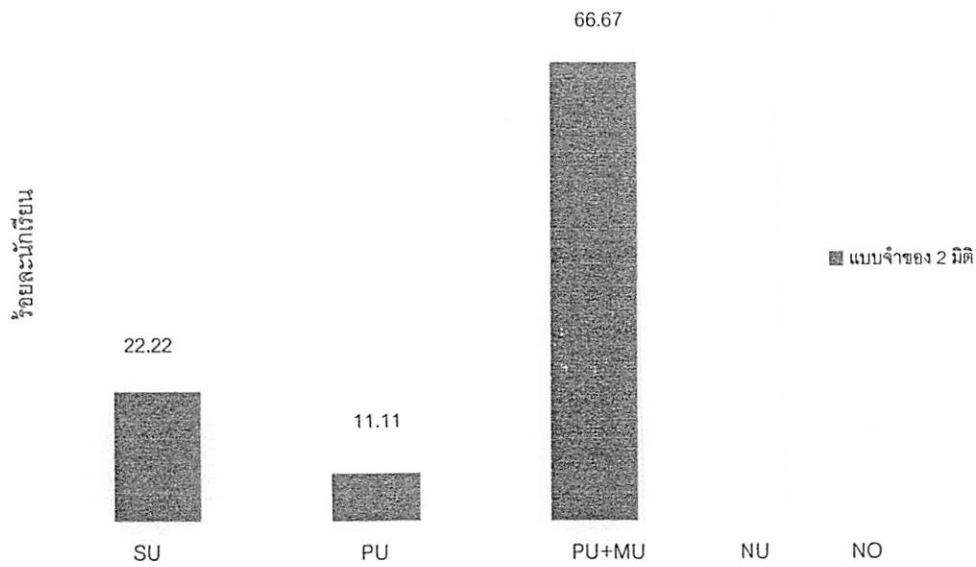

ภาพ 17 จำนวนร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

3.1 ผลการพัฒนาในด้านความสมบูรณ์ของชิ้นงาน

3.1.1 ชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

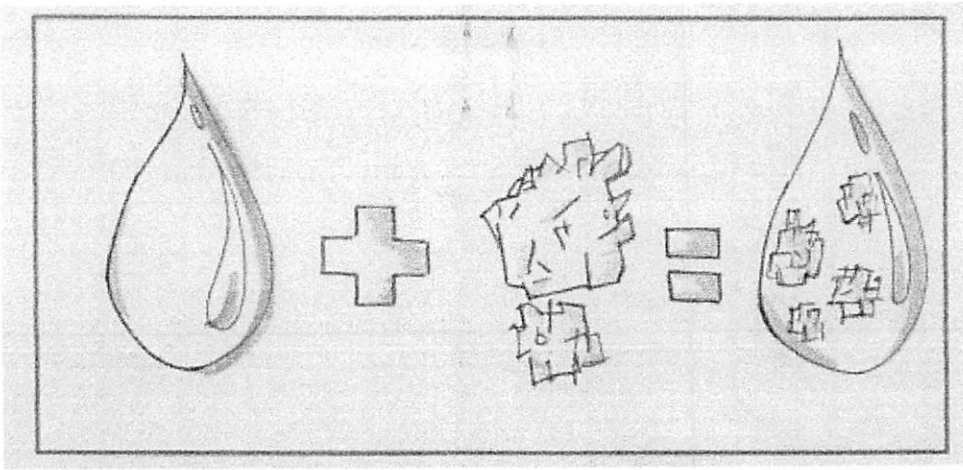
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ



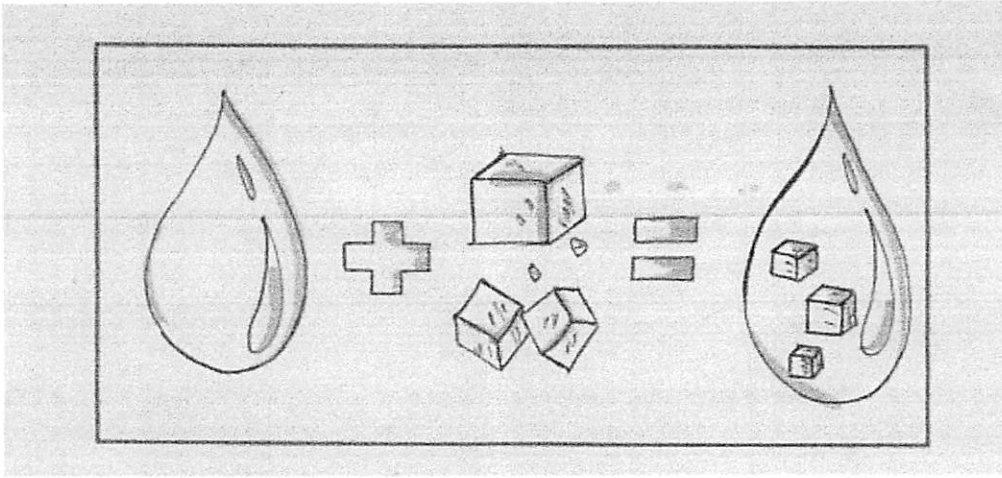

**ภาพ 18 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสาระลาย ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| หมายเหตุ : SU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ |
| PU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ |
| PU + MU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผล |

มีนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 66.67) เมื่อสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ มีแบบจำลองที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเป็นบางส่วนและมีบางส่วนที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ (PU+MU) โดยนักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของน้ำเกลือและน้ำเชื่อมได้ ดังนี้ น้ำเกลือประกอบน้ำและเกลือ และน้ำเชื่อมประกอบด้วยน้ำตาลและน้ำ แต่ไม่ยังเข้าใจว่าสารละลายไม่ใช่สารเนื้อเดียวกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 19 และ 20

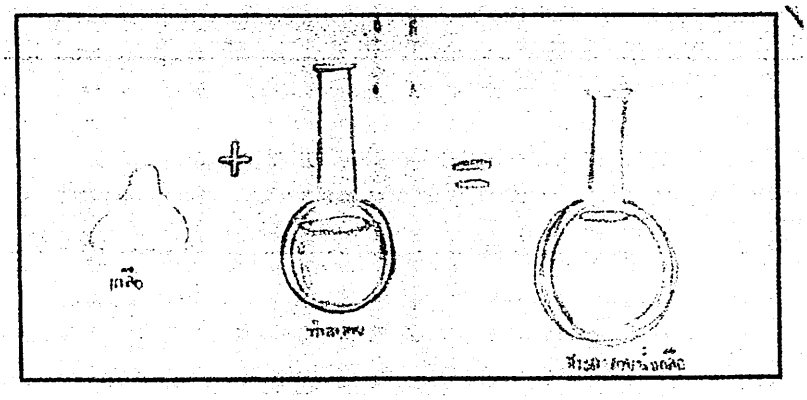


**ภาพ 19 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ที่คลาดเคลื่อนเป็นบางส่วนและมีบางส่วนที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ในภาพน้ำเกลือ**

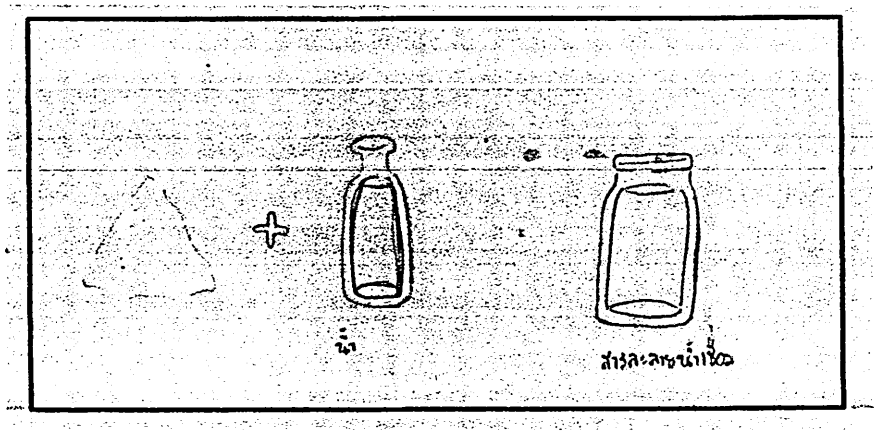


**ภาพ 20 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ที่คลาดเคลื่อนเป็นบางส่วนและมีบางส่วนที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ในภาพน้ำเชื่อม**

รองลงมา คือ การสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 22.22) มีแบบจำลองที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) คือ นักเรียนสามารถแยกองค์ประกอบของสารละลายได้ ประกอบด้วย ตัวถูกละลาย และตัวทำละลาย และนักเรียนยังสามารถเข้าใจถึงนิยามของสารละลายว่าเป็นสารเนื้อเดียวกันแต่มีหลายองค์ประกอบ ดังจะเห็นได้จากคำตอบของนักเรียนในภาพ 21 และ 22



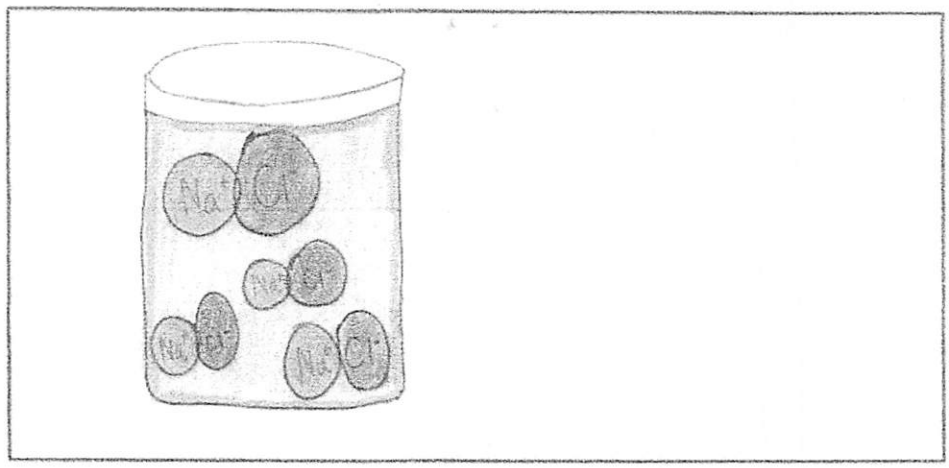
**ภาพ 21 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องในการแยกองค์ประกอบของน้ำเกลือ**



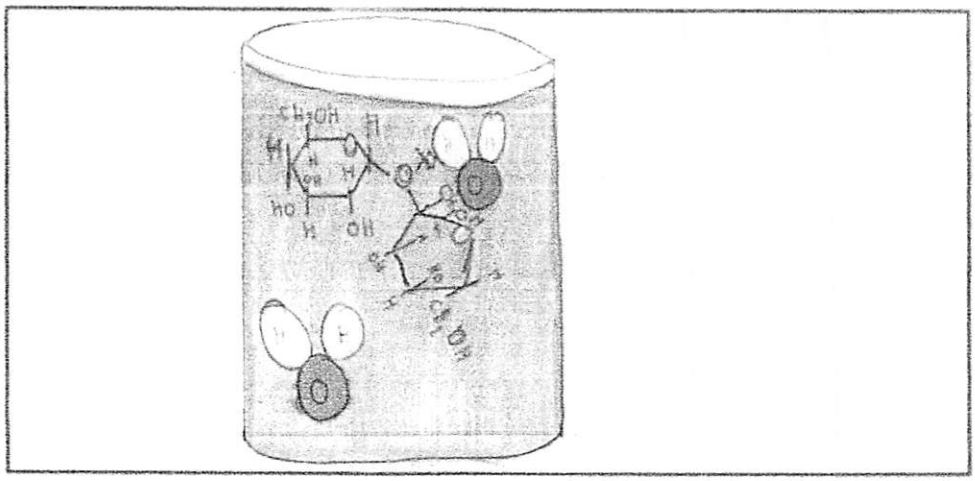
**ภาพ 22 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องในการแยกองค์ประกอบของน้ำเชื่อม**

และเมื่อสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ มีนักเรียนร้อยละ 11.11 มีแบบจำลองมโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PU) โดยแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเป็นแบบจำลองระดับจุลภาคหรือโมเลกุล ที่แสดงการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลาย แต่ภาพน้ำเกลือไม่มีการระบุว่ามีน้ำเป็นส่วนประกอบในสารละลาย มีเพียงเกลืออย่างเดียวที่เป็น

องค์ประกอบ แตกต่างจากภาพน้ำเชื่อมที่ระบุองค์ประกอบครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 23 และ 24



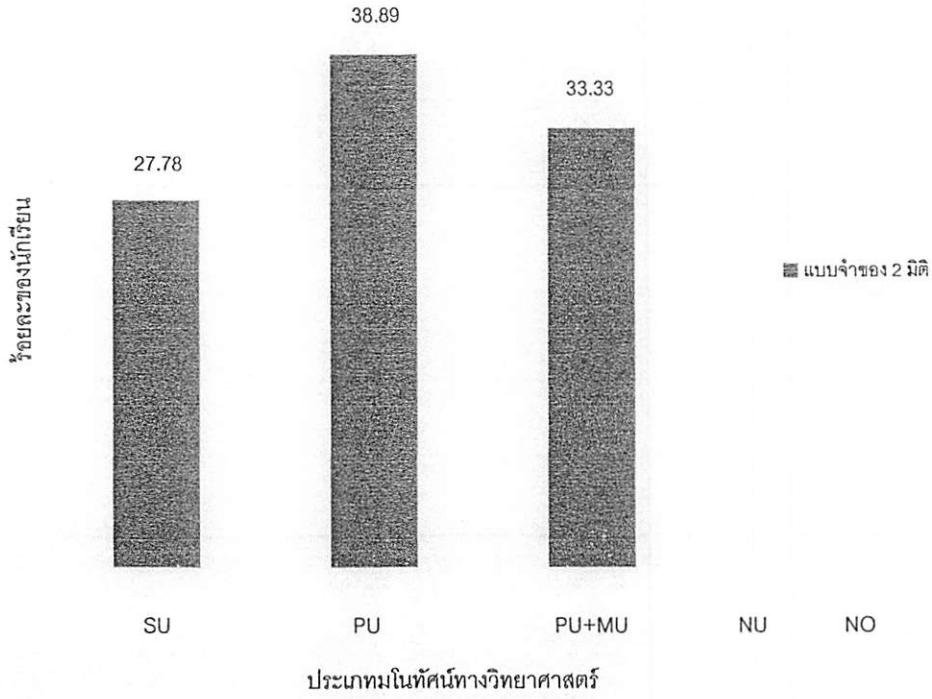
**ภาพ 23 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในการแยกองค์ประกอบของน้ำเกลือ**



**ภาพ 24 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในการแยกองค์ประกอบของน้ำเชื่อม**

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

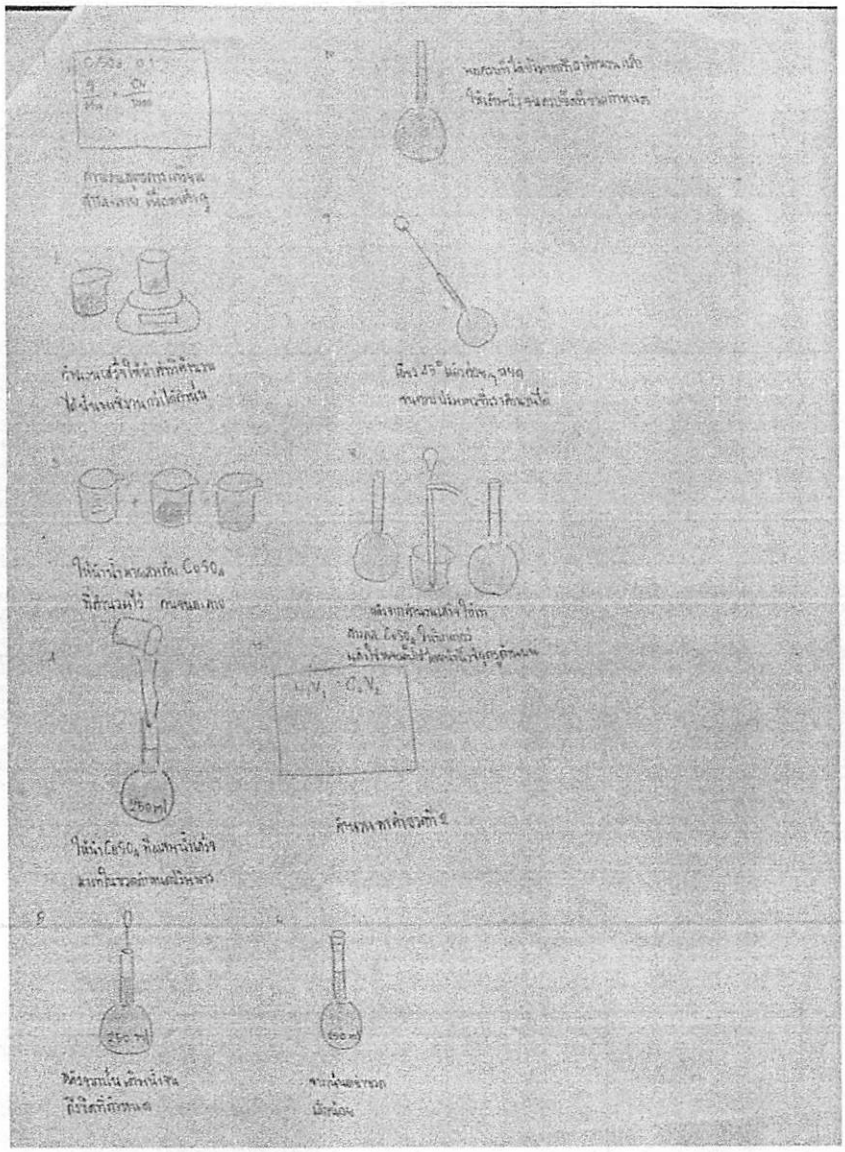
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ




**ภาพ 25 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ เรื่อง การเตรียมสาระลาย ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| หมายเหตุ : SU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ |
| PU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ |
| PU + MU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |

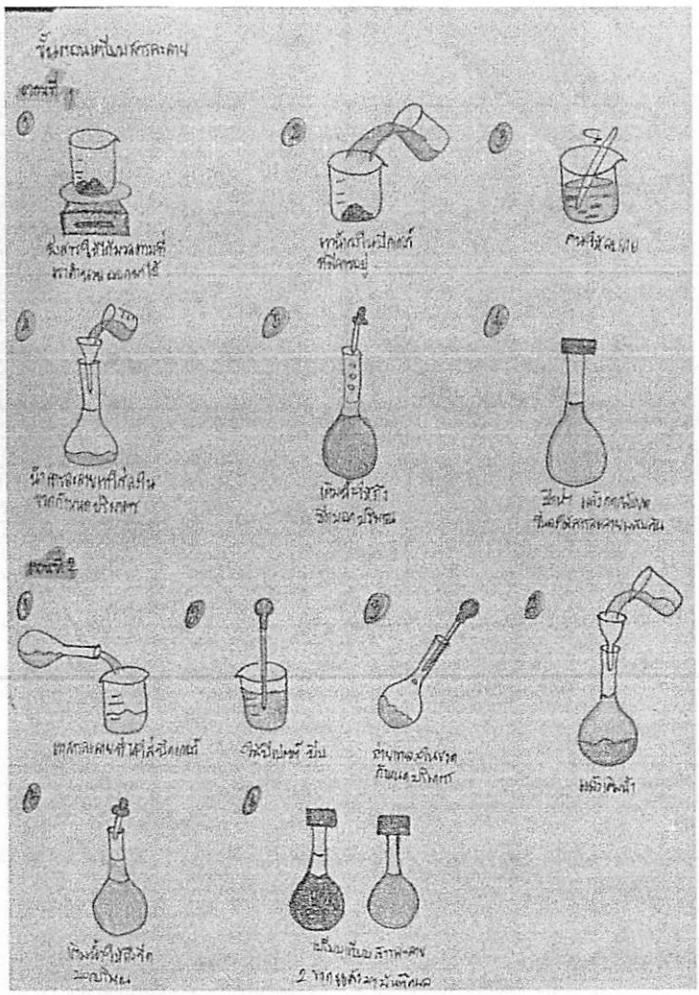
จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง การเตรียมสารละลาย พบว่า เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 38.89) เมื่อสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ ที่มีแบบจำลองที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) เมื่อนักเรียนวาดรูปแสดงขั้นตอนการทดลอง มีบางขั้นตอนที่ไม่ได้วาดรูปอุปกรณ์ เช่น การเทสารละลายลงไปในขวดวัดปริมาตรจะต้องใช้กรวยกรอง แต่นักเรียนไม่ได้ใส่กรวยกรองลงไป แต่การคำนวณในแต่ละตอนของการเตรียมสารละลายถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 26



**ภาพ 26 แบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

รองลงมาคือ และมีนักเรียน (ร้อยละ 33.33) เมื่อสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ รวมไปถึงการคำนวณในการเตรียมสารละลาย มีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นบางส่วนและมีบางส่วนที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ (PU+MU) โดยนักเรียนสามารถสามารถวาดรูปแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้ถูกต้องทั้ง 2 ตอน แต่ในการหามวลโมเลกุลและเลือกหน่วยของปริมาณสารละลายไม่ถูกต้อง

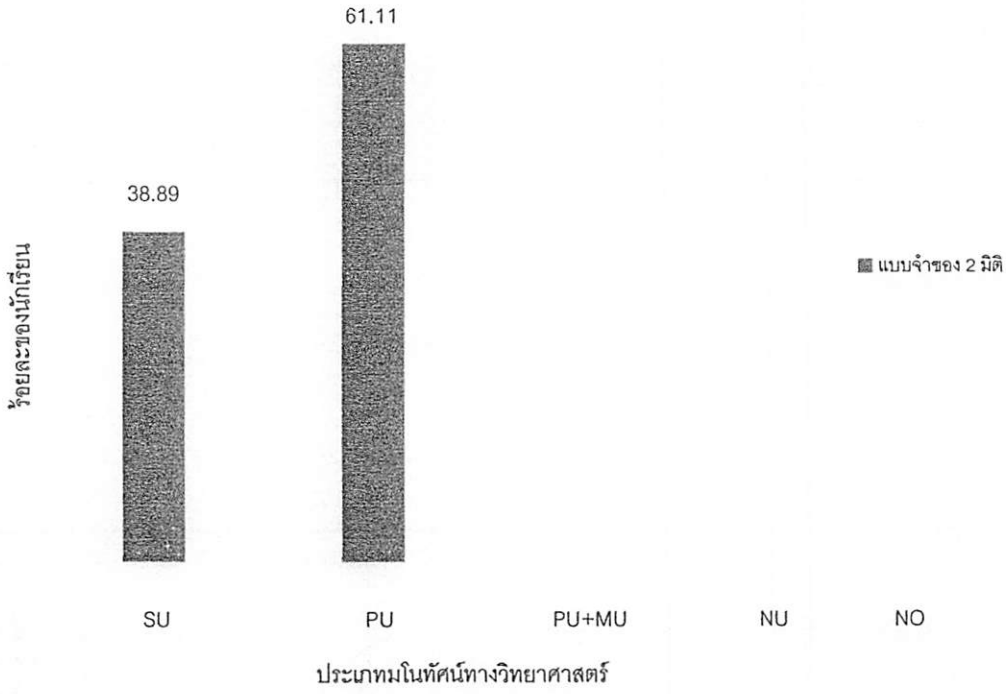
และมีนักเรียน (ร้อยละ 27.78) มีแบบจำลองที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) คือ นักเรียนสามารถวาดรูปแสดงขั้นตอนการทดลองทั้ง 2 ตอน และเลือกวิธีการเตรียมสารละลายได้ถูกต้อง โดยในตอนที่ 1 เป็นการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ และในตอนที่ 2 เป็นการเตรียมสารละลายเข้มข้นไปเจือจาง รวมไปถึงการคำนวณ นักเรียนสามารถคำนวณการคิดในการเตรียมสารละลายถูกต้อง ดังจะเห็นได้จากคำตอบของนักเรียนในภาพ 27



**ภาพ 27 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องในการเตรียมสารละลาย**

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

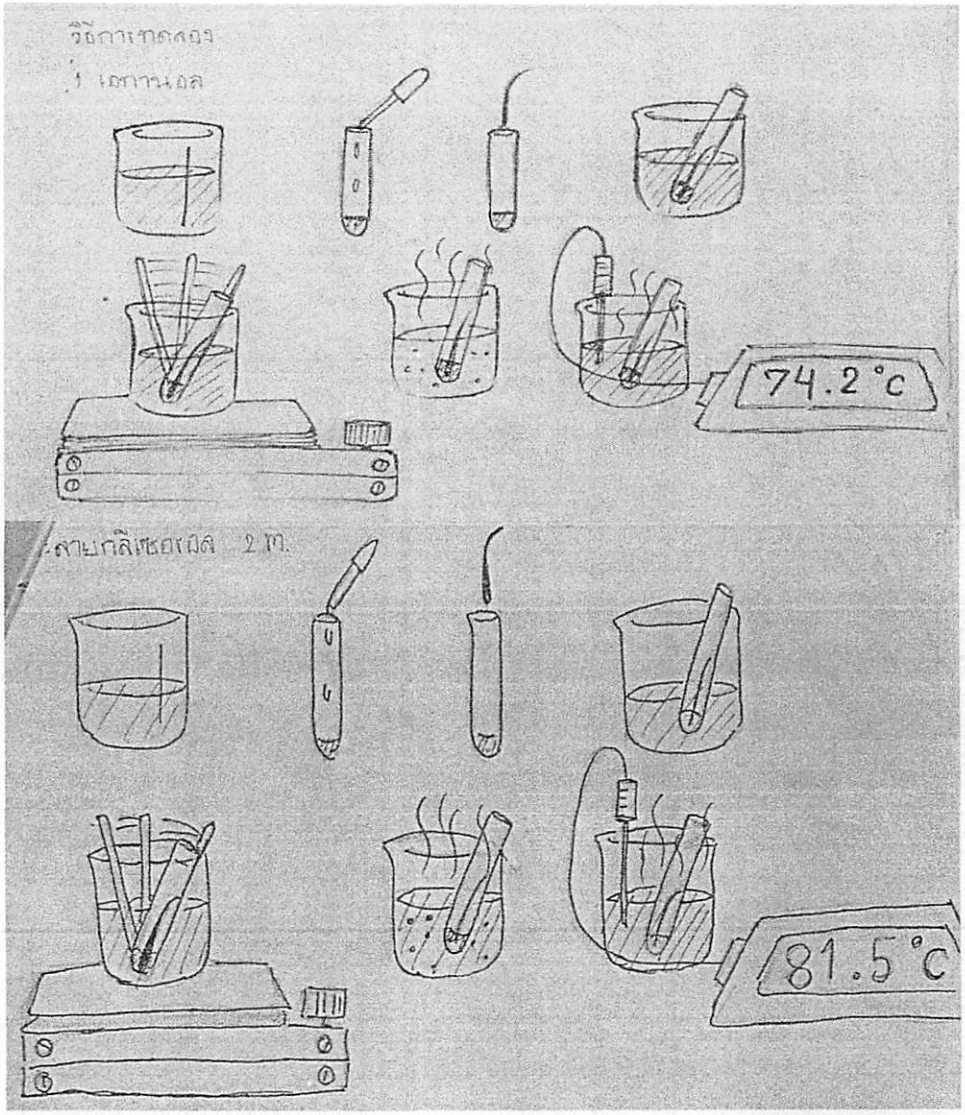
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ




**ภาพ 28 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ เรื่อง สมบัติบางประการของสาระลาย ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ**

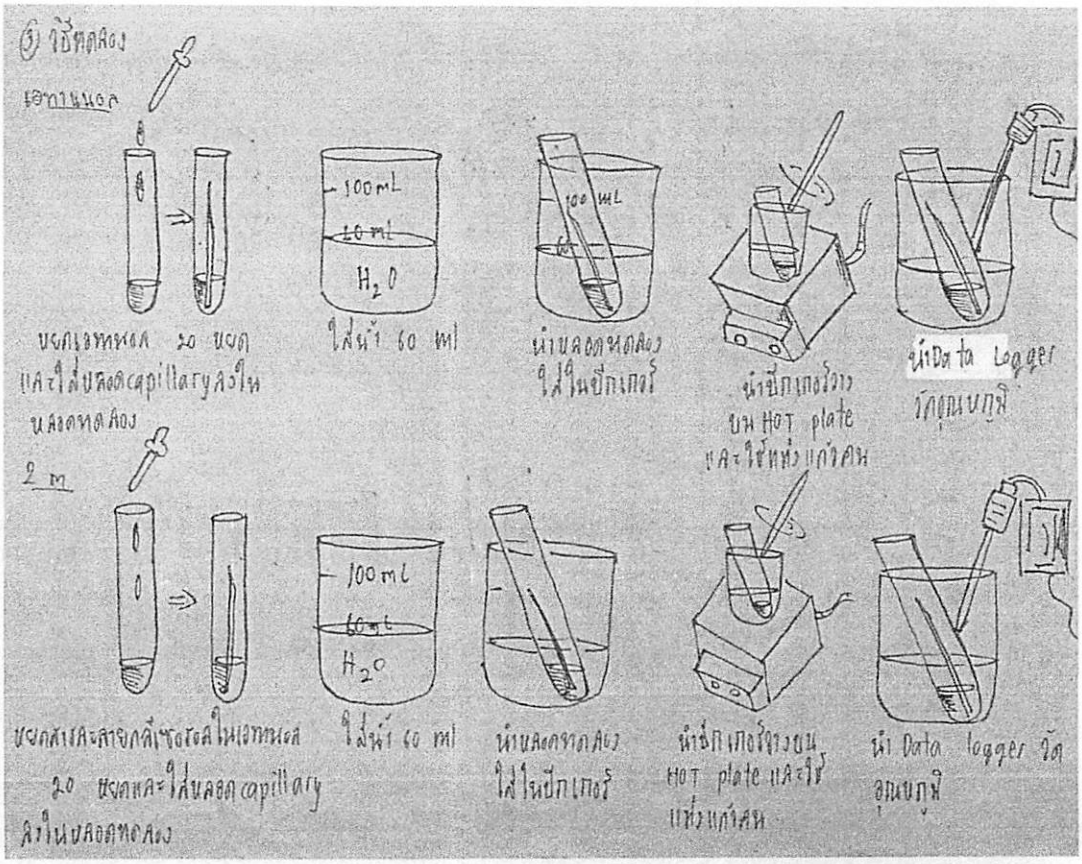
| | | | |
|---|---|---|---|
| หมายเหตุ : SU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ |
| PU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ |
| PU + MU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย พบว่า เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ โดยการวาดรูป 2 มิติ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.11) มีแบบจำลองที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) เมื่อนักเรียนวาดรูปแสดงขั้นตอนการทดลอง แต่บางขั้นตอนที่ไม่ได้วาดรูปอุปกรณ์ให้ครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 29




**ภาพ 29 แบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์**
**เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

และมีแบบจำลองที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) คือ นักเรียนสามารถวาดรูปแสดงขั้นตอนการทดลองการหาจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายและสารบริสุทธิ์ และสามารถเขียนกราฟแสดงผลการทดลองได้ ดังจะเห็นได้จากคำตอบของนักเรียนในภาพ 30



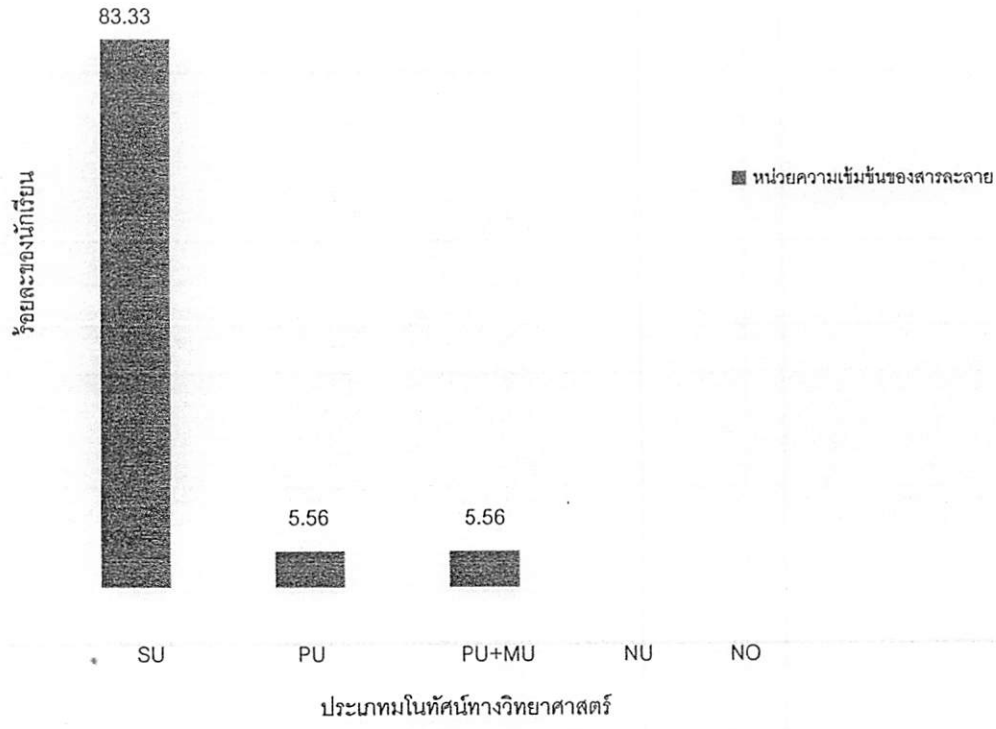

**ภาพ 30 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด 2 มิติที่ถูกต้อง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

3.1.2 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ QR code , Virtual experiment และ Colligative Properties test ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากการประเมินชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียนโดยแบ่งเนื้อหาให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับสารละลายออกเป็น 3 มโนทัศน์ ได้แก่ หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียน โดยรายละเอียดต่อไปนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

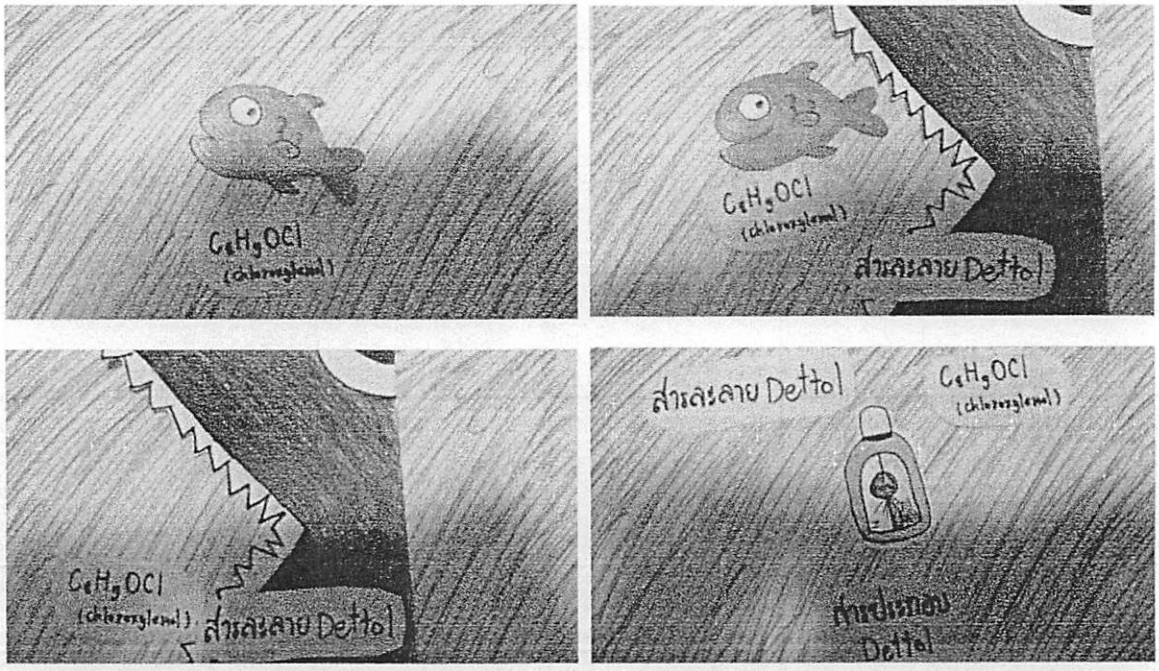
**แผนภูมิแสดงร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**




**ภาพ 31 จำนวนร้อยละของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

| | | | |
|---|---|---|---|
| หมายเหตุ : | SU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ |
| | PU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ |
| | PU + MU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| | NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| | NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |

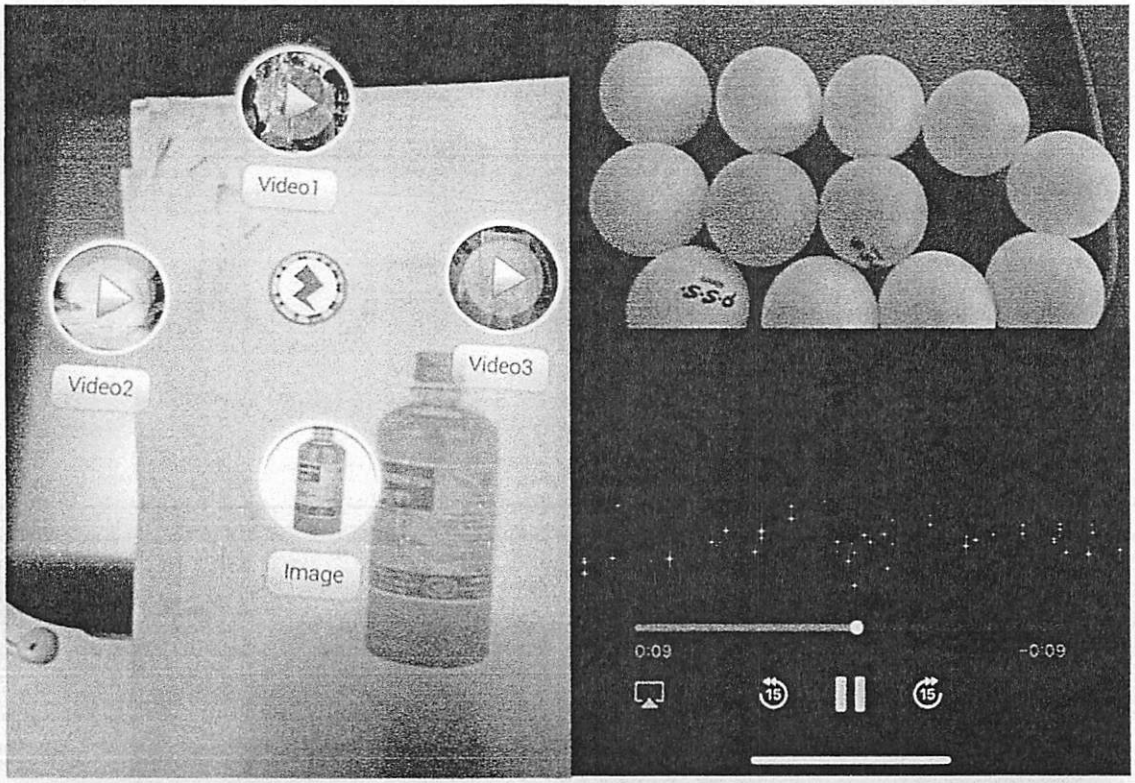
จากการวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) ร้อยละ 83.33 ดังจะเห็นได้จากภาพ 32 รองลงมา คือ นักเรียนมีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 5.56 ดังจะเห็นได้จากภาพ 33 และมีนักเรียนที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (PU+MU) ร้อยละ 5.56 ดังจะเห็นได้จากภาพ 34




**ภาพ 32 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) ของกลุ่มที่ 3**

จากภาพ 32 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น QR code ผลิตภัณฑ์ของ Dettol เกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย และได้อธิบายแนวคิด เรื่อง สารละลาย ดังนี้ สารละลาย คือ สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน ประกอบด้วย ตัวถูกละลายและตัวทำละลาย โดยในชิ้นงาน QR code แสดงตัวถูกละลาย คือ สารไคโรซิลินอล (Chloroxylenol) มีสถานะเป็นของเหลว ในขณะทำกิจกรรมนักเรียนเริ่มจากการวางแผนในกลุ่มเพื่อเลือกผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งศึกษาส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย คือ ร้อยละโดยปริมาตร (%V/V) และได้อธิบายแนวคิดของความเข้มข้นของสารละลาย คือ ค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณของตัวถูกละลายที่ผสมอยู่ในสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนักเรียนร่วมกันอธิบายความหมายของหน่วย

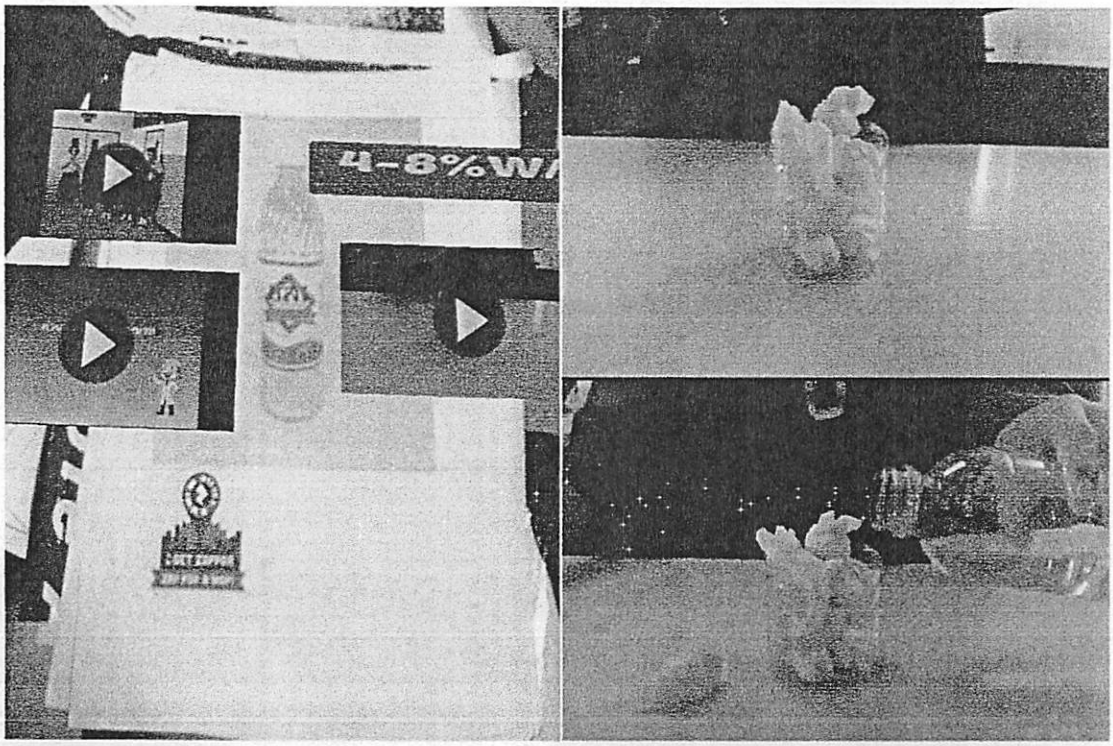
ความเข้มข้นดังกล่าวเพื่อนำไปทำภาพเคลื่อนไหว หรือ stop motion เพื่อแยกองค์ประกอบของสารละลาย แล้วจึงนำวิดีโอที่ได้ไปเข้าสู่ www.zapwork.com จะได้ข้อมูลออกมาเป็นในรูปแบบ QR code แล้วนำมาแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชัน Zappar




**ภาพ 33 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของกลุ่มที่ 6**

จากภาพ 33 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น QR code ผลิตภัณฑ์ของแอลกอฮอล์เกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ เรื่อง สารละลาย และได้อธิบายแนวคิด เรื่อง สารละลาย ดังนี้ สารละลาย คือ สารที่มีสถานะเดียวกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ซึ่งนักเรียนได้ใช้สีของลูกปิงปองแทนการแยกองค์ประกอบของแอลกอฮอล์ แต่นักเรียนไม่ได้ระบุองค์ประกอบของแอลกอฮอล์ในภาพเคลื่อนไหวเพื่อแสดงความหมายของลูกปิงปองสีขาวและลูกปิงปองสีเหลือง และในส่วนของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะใช้จำนวนลูกปิงปองแทนความหมายของตัวถูกละลายและตัวทำละลายได้ดังนี้ ลูกปิงปองสีขาวจำนวนมากกว่าจะแทนด้วยตัวทำละลาย และลูกปิงปองสีส้มจำนวนน้อยกว่าจะแทนด้วยตัวถูกละลาย และในการเลือกหน่วย

ความเข้มข้นของสารละลาย คือ ร้อยละโดยปริมาตร (%V/V) และได้อธิบายแนวคิดของความเข้มข้นของสารละลาย คือ ค่าที่ของปริมาณของตัวถูกละลายที่ผสมอยู่ในสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยมีหน่วยมิลลิลิตรทั้งตัวถูกละลายและตัวทำละลาย เนื่องจากมีสถานะเป็นของเหลวเหมือนกัน



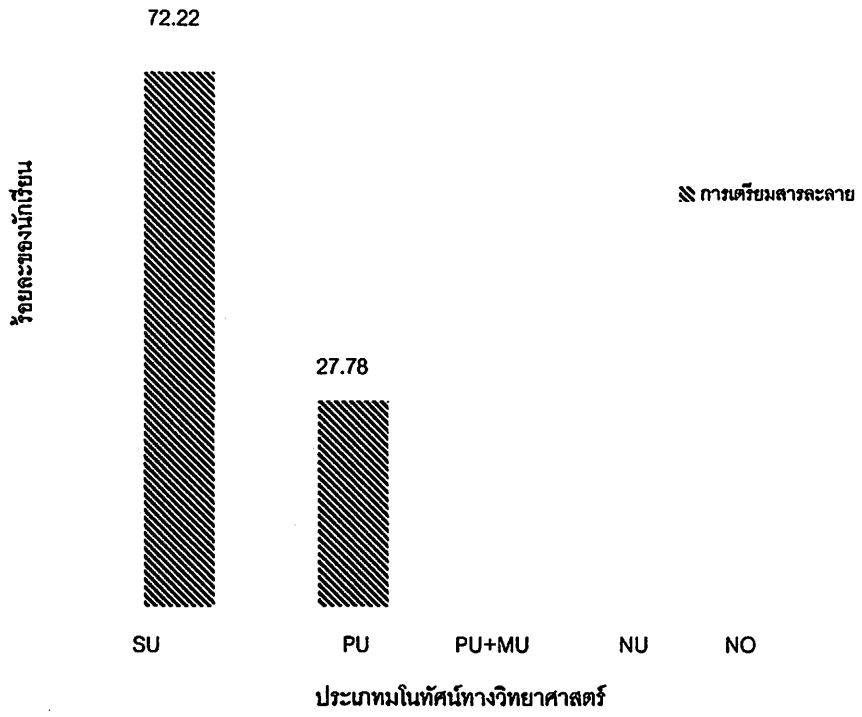

**ภาพ 34 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (PU+MU) ของกลุ่มที่ 8**

จากภาพ 34 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น QR code ผลิตภัณฑ์ของน้ำส้มสายชูเกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย และได้อธิบายแนวคิดเรื่อง สารละลาย ดังนี้ สารละลาย คือ สารเนื้อเดียวกันที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย โดยนักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของสารละลายซึ่งมีกรดแอซิติกที่เป็นตัวถูกละลายและมีน้ำเป็นตัวทำละลาย แต่มีความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนเลือกหน่วยความเข้มข้นของสารละลายผิด โดยนักเรียนเลือกเป็นหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%W/V) และได้อธิบายแนวคิดของความเข้มข้นของสารละลาย คือ

ปริมาตรมวลของตัวถูกละลายในหน่วยกรัมในปริมาตรของตัวทำละลายในปริมาตรของสารละลาย 100 มิลลิลิตร แต่สถานะของตัวถูกละลายหรือกรดแอซิติกเป็นของเหลว เพราะฉะนั้นจึงต้องเลือกหน่วยความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละโดยปริมาตร (%V/V)

2. **วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมของสารละลาย**

**แผนภูมิแสดงร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

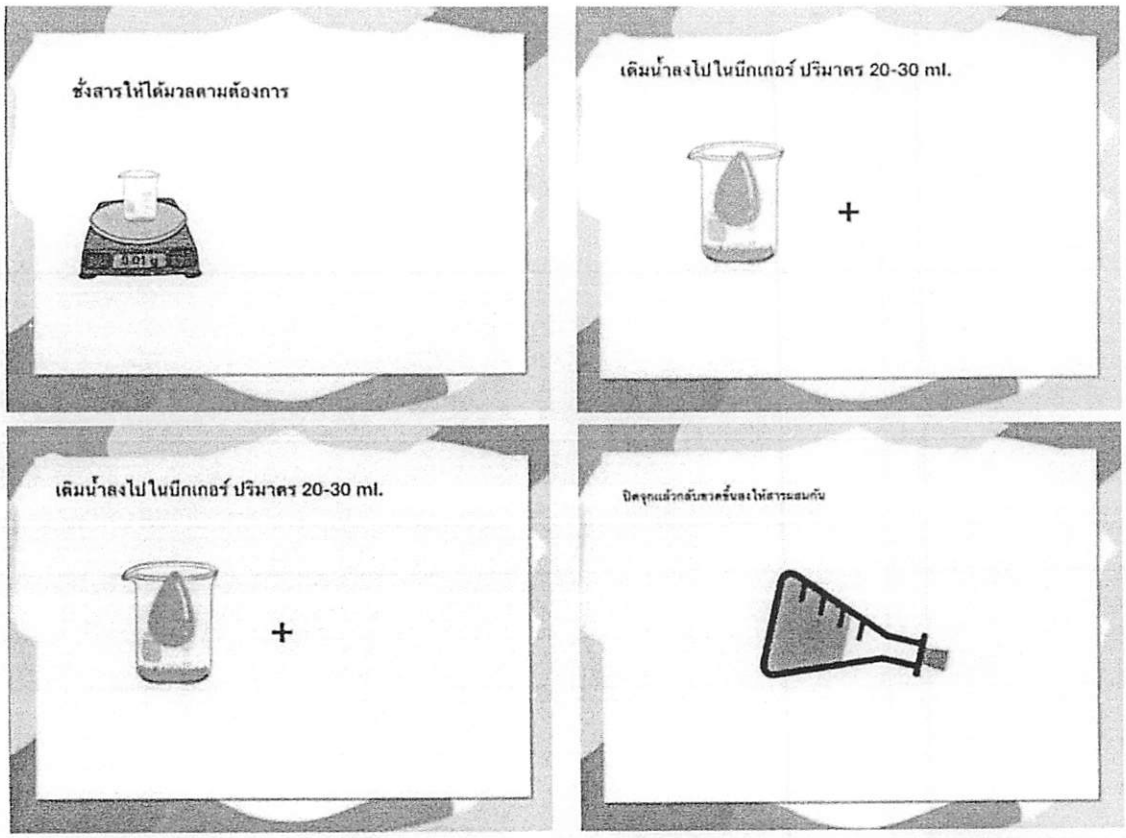



**ภาพ 35 จำนวนร้อยละของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

หมายเหตุ : SU หมายถึง มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์
PU หมายถึง มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์
PU + MU หมายถึง มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์

| | | |
|---|---|---|
| NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |

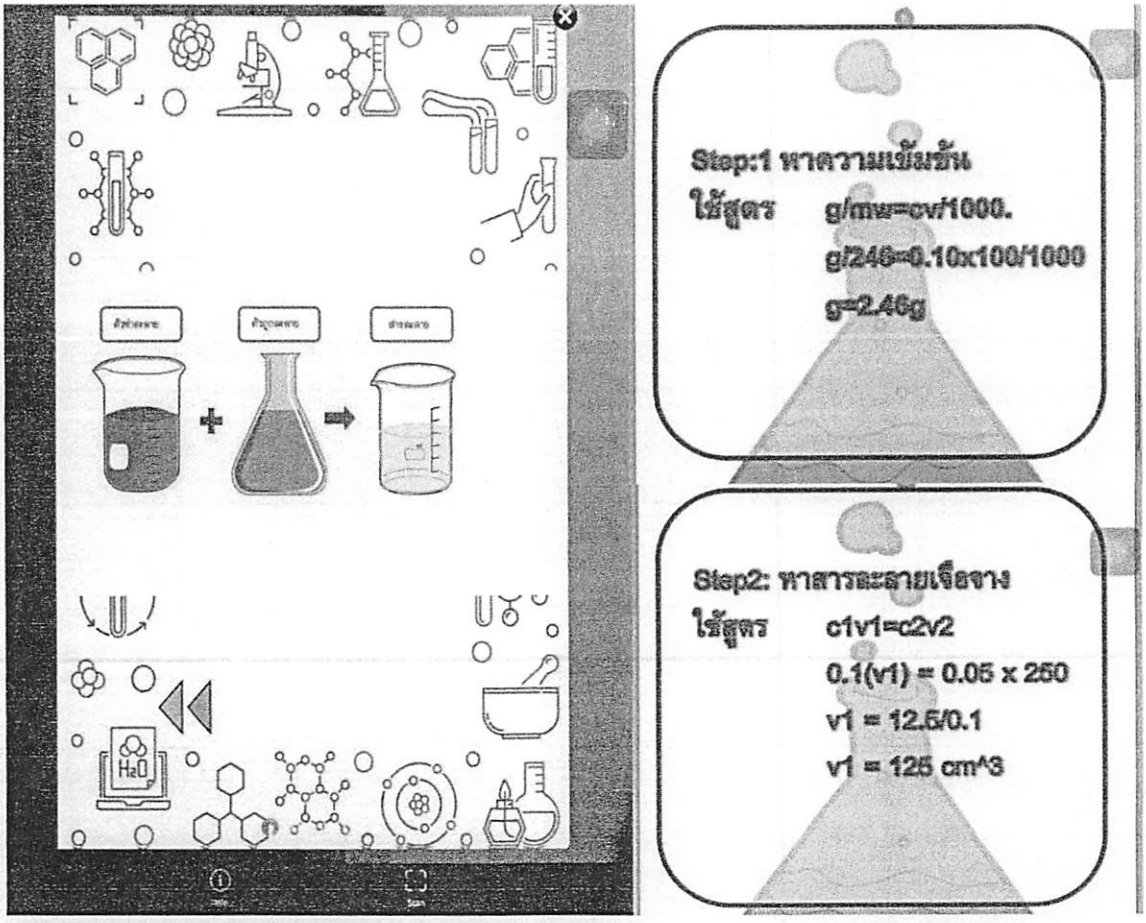
จากการวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 72.22 ดังจะเห็นในภาพ 36 และรองลงมา คือ นักเรียนมีมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 27.78 ดังจะเห็นในภาพ 37




**ภาพ 36 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง การเตรียมสารละลายที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) ของกลุ่มที่ 9**

จากภาพ 36 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น Virtual Experiment เกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย และได้อธิบายแนวคิด เรื่อง การเตรียมสารละลาย ดังนี้ การเตรียมสารละลาย คือ การเตรียมสารละลายโดยนำตัวถูกละลายมาเติมในตัวทำละลายให้ได้ปริมาตรและความเข้มข้นตาม

ต้องการ สามารถเตรียมสารละลายได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 คือ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์โดยต้องมีการคำนวณสารที่ต้องชั่งและวิธีที่ 2 คือ การเตรียมสารละลายเข้มข้นไปเจือจาง และจากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ได้อธิบายแนวคิดในการเตรียมสารละลาย ดังนี้ ในขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ได้คำนวณปริมาณของตัวถูกละลาย และนำไปชั่งตามที่คำนวณได้ จากนั้นละลายโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในบีกเกอร์จนเป็นเนื้อเดียวกัน รินสารละลายใส่ในขวดวัดปริมาตร เติมน้ำกลั่นในบีกเกอร์ และเทใส่ขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำให้ถึงขีดบอกปริมาตร และเขย่าขวดวัดปริมาตรเพื่อทำให้สารละลายผสมกัน และเมื่อต้องการเจือจางความเข้มข้นของสารละลายจะสามารถทำได้โดยการคำนวณหาปริมาณสารละลายเข้มข้นเพื่อจะแบ่งออกมาจำนวนหนึ่ง ตามที่คำนวณได้ โดยใช้ปิเปตดูดสารละลายขึ้นมา ลงในขวดวัดปริมาตรอีกใบหนึ่ง ทำให้สารละลายเจือจางโดยการเติมน้ำลงไป และเขย่าจนเป็นเนื้อเดียวกัน

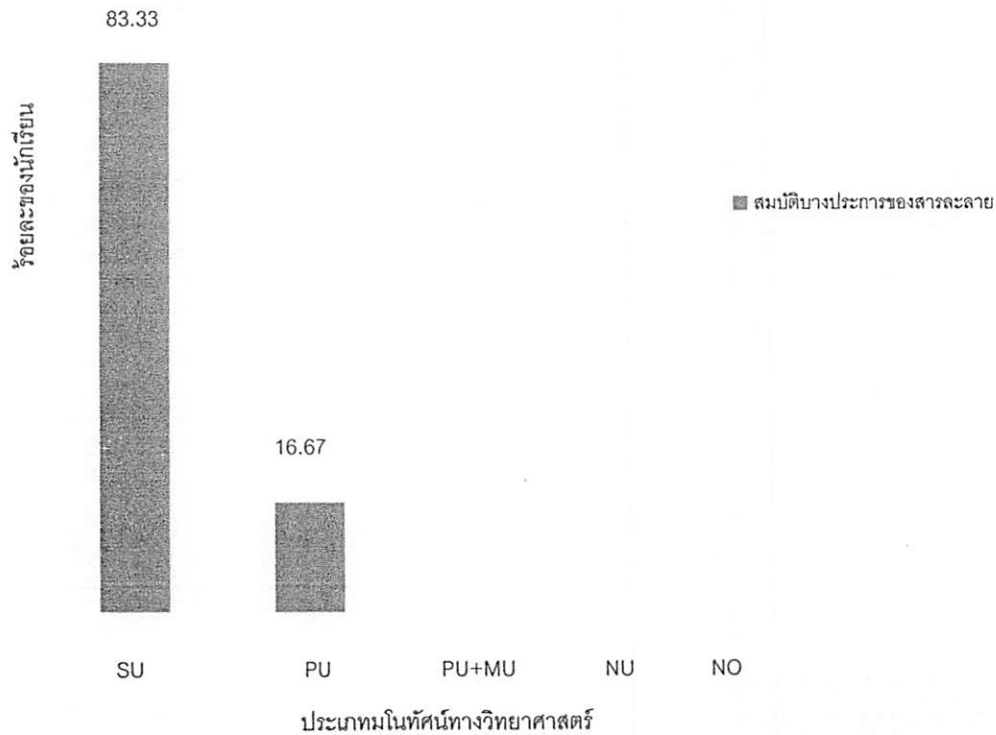



**ภาพ 37 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง การเตรียมสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของกลุ่มที่ 2**

จากภาพ 37 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น Virtual Experiment เกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย และได้อธิบายแนวคิด เรื่อง การเตรียมสารละลาย ดังนี้ การเตรียมสารละลายมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 คือ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์โดยต้องมีการคำนวณสารที่ต้องชั่ง และวิธีที่ 2 คือ การเตรียมสารละลายเข้มข้นไปเจือจางและจากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ นักเรียนยังมีมโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ คือ ในขั้นตอนการคำนวณในขั้นที่ 1 คือ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ ต้องมีการคำนวณสารที่เป็นของแข็งและนำมาชั่งในเครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง ปรากฏว่านักเรียนยังหามวลโมเลกุลไม่ถูกต้อง จึงส่งผลให้การคำนวณหาปริมาณตัวถูกละลายในการเตรียมสารละลายในตอนที่ 1 คือ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ไม่ถูกต้อง

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

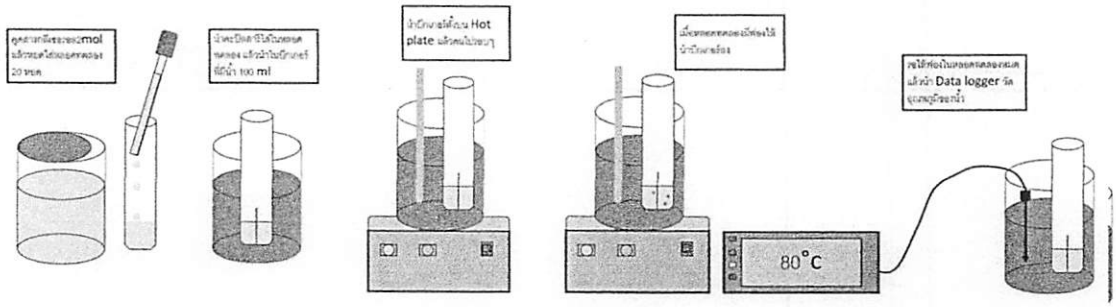
แผนภูมิแสดงร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย



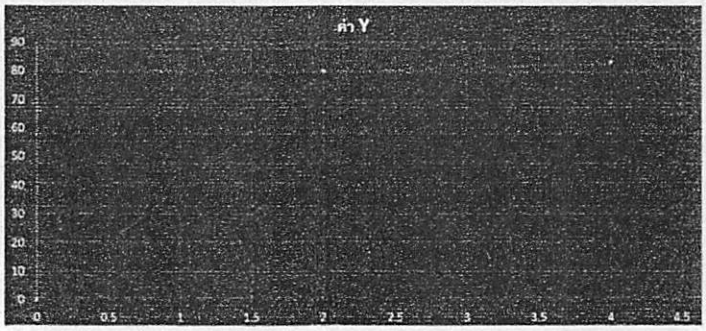

**ภาพ 38 จำนวนร้อยละของชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แสดงความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

| | | | |
|---|---|---|---|
| หมายเหตุ : SU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ |
| PU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ |
| PU + MU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |

จากการวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 83.33 ดังจะเห็นในภาพ 39 และรองลงมา คือ นักเรียนมีมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 16.67 ดังจะเห็นในภาพ 40



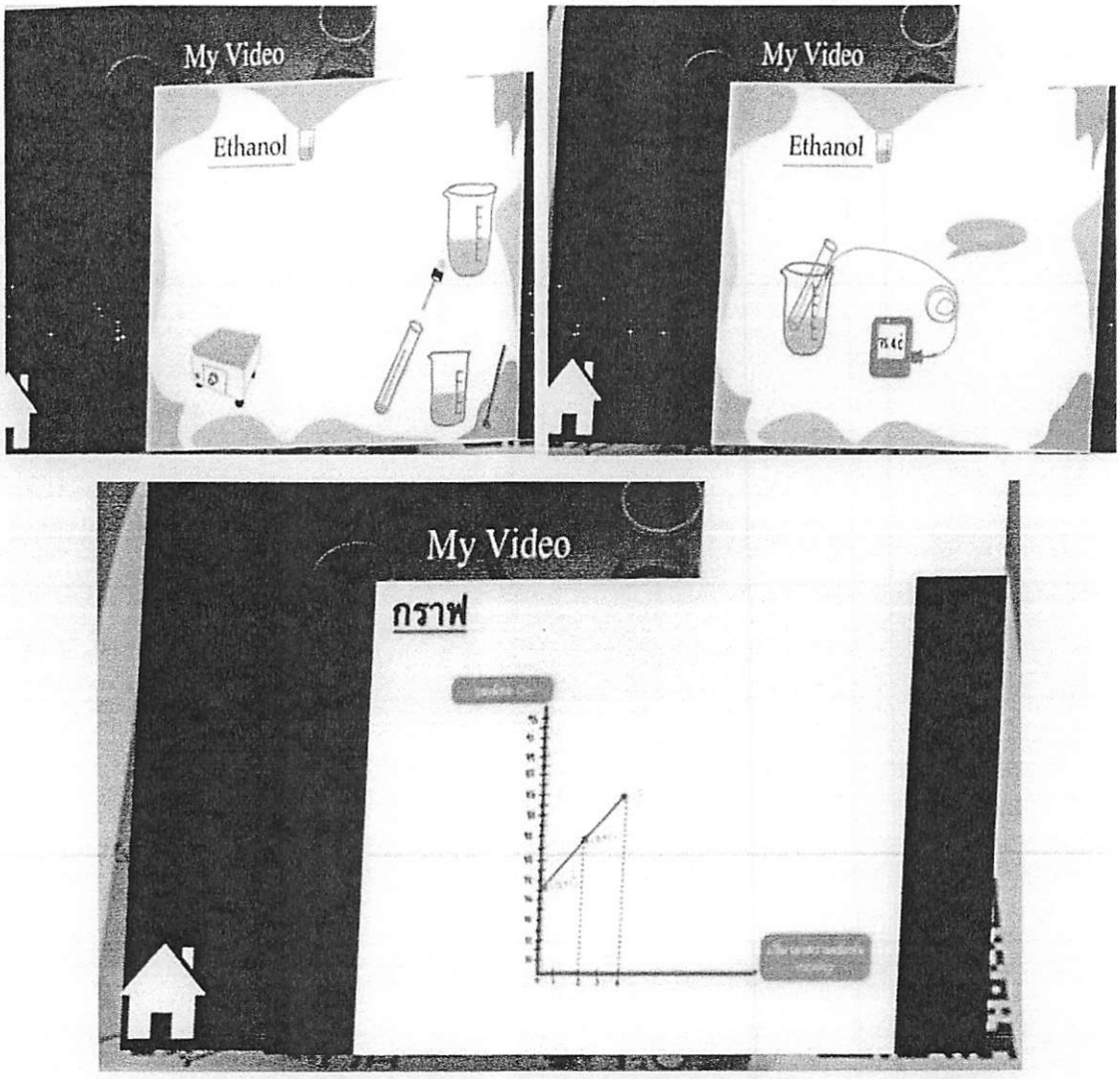

| สาร | ความเข้มข้น(mol/kg) | จุดเดือด(°C) |
|---|---|---|
| เอทานอล | - | 79.2°C |
| สารละลายกลีเซอรอลในเอทานอล | 2.0 | 80°C |
| สารละลายกลีเซอรอลในเอทานอล | 4.0 | 83.2°C |




**ภาพ 39 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) ของกลุ่มที่ 8**

จากภาพ 39 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น Colligative properties test เกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย และได้อธิบายแนวคิด เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ดังนี้ สมบัติทางกายภาพของสารละลายที่ขึ้นอยู่กับจำนวนอนุภาคของตัวถูกละลาย สมบัติคอลลิเกทีฟ ได้แก่ จุดเดือดที่เพิ่มมากขึ้น และจุดเยือกแข็งที่ลดลง และจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ในชิ้นงาน Colligative properties test ได้แสดงแนวคิด ดังนี้ สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิด

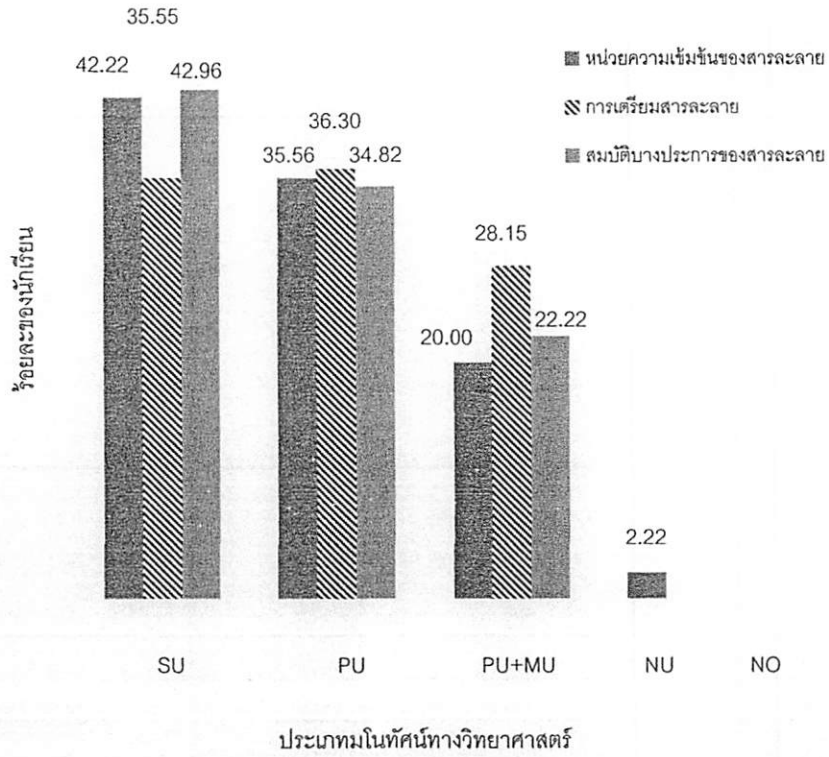
เดียวกัน ถ้ามีความเข้มข้นเป็นโมแลลหรือในหน่วยโมลต่อกิโลกรัมเท่ากัน จะมีจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งเท่ากัน และสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน แม้ว่าจะมีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวไม่เท่ากัน ผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมแลล หรือ 1 โมลต่อกิโลกรัม กับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์จะมีค่าคงที่เรียกว่าค่าคงที่การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด ส่วนผลต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมแลลหรือ 1 โมลต่อกิโลกรัม กับจุดหลอมเหลวของตัวทำละลายบริสุทธิ์จะมีค่าคงที่เรียกว่าค่าคงที่การลดลงของจุดเยือกแข็ง




**ภาพ 40 ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลายที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของกลุ่มที่ 6**

จากภาพ 40 นักเรียนกลุ่มนี้สร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่เป็น Colligative properties test เกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่แสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย และได้อธิบายแนวคิด เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ดังนี้ สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ถ้ามีความเข้มข้นเป็นโมแลลหรือในหน่วยโมลต่อกิโลกรัมเท่ากัน จะมีจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งเท่ากัน และนักเรียนยังมีมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ จากขั้นตอนในการทดลองในชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ในการอธิบายวิธีการอ่านค่าของจุดเดือดของสารละลายใช้วิธีให้ความร้อนจนสารละลายปุดขึ้นมาในหลอดแคปิลารีจนถึงฟองสุดท้ายถือว่าเป็นจุดหลอมเหลวของสารละลายนั้น พบว่า นักเรียนอ่านค่าของอุณหภูมิจุดเดือดในฟองปุดแรก จึงส่งผลให้ค่าของอุณหภูมิจุดเดือดไม่ถูกต้อง

แผนภูมิแสดงร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง




**ภาพ 41 จำนวนร้อยละของความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง**

| | | | |
|---|---|---|---|
| หมายเหตุ : | SU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ |
| | PU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ |
| | PU + MU | หมายถึง | มโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| | NU | หมายถึง | ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ |
| | NO | หมายถึง | ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |

3.2 ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง (n = 45)

| ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ | มโนทัศน์ย่อย | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ข้อที่ | หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย (ข้อที่ 1-3) | ข้อที่ | การเตรียมสารละลาย (ข้อที่ 4-6) | ข้อที่ | สมบัติบางประการของสารละลาย (ข้อที่ 7-9) |
| SU | 1 | 15 | 4 | 20 | 7 | 11 |
| | 2 | 30 | 5 | 15 | 8 | 22 |
| | 3 | 12 | 6 | 13 | 9 | 25 |
| **ร้อยละ** | | **42.22** | | **35.55** | | **42.96** |
| PU | 1 | 25 | 4 | 15 | 7 | 14 |
| | 2 | 0 | 5 | 20 | 8 | 23 |
| | 3 | 23 | 6 | 14 | 9 | 10 |
| **ร้อยละ** | | **35.56** | | **36.30** | | **34.82** |
| PU+MU | 1 | 5 | 4 | 10 | 7 | 20 |
| | 2 | 15 | 5 | 10 | 8 | 0 |
| | 3 | 7 | 6 | 18 | 9 | 10 |
| **ร้อยละ** | | **20.00** | | **28.15** | | **22.22** |
| NU | 1 | 0 | 4 | 0 | 7 | 0 |
| | 2 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 |
| | 3 | 3 | 6 | 0 | 9 | 0 |
| **ร้อยละ** | | **2.22** | | **0** | | **0** |
| NO | 1 | 0 | 4 | 0 | 7 | 0 |
| | 2 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 |
| | 3 | 0 | 6 | 0 | 9 | 0 |

จากตาราง 9 พบว่า ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 42.22 รองลงมา คือ มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.56 กลุ่มมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ร้อยละ 20.00 และกลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (NU) ร้อยละ 2.22 ตามลำดับ โดยรายละเอียดของข้อมูลมีดังต่อไปนี้

**มโนทัศน์ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 1 ถามว่า "จงเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารทั้ง 2 ชนิดในหน่วย ppm และ ppb"

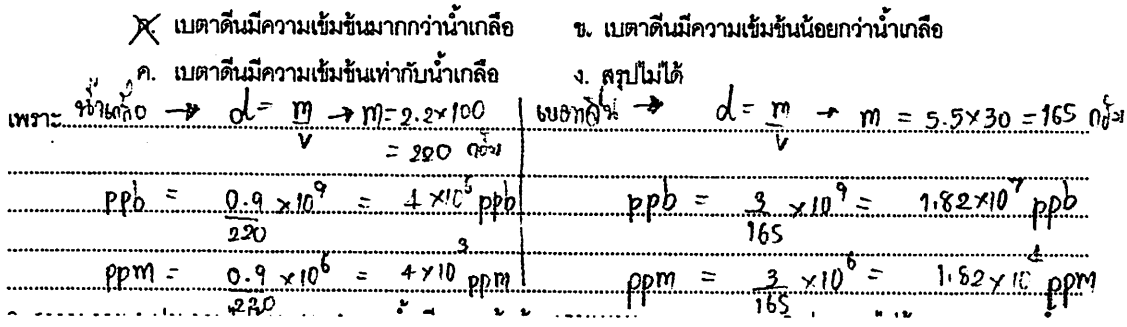
น้ำเกลือ 0.9 กรัม
ในปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เบตาดีน 10%W/W
ในปริมาตร 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร

(กำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำเกลือ คือ 2.2 $g/cm^3$ และความหนาแน่นของเบตาดีน คือ 5.5$g/cm^3$)

### 1. ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU)

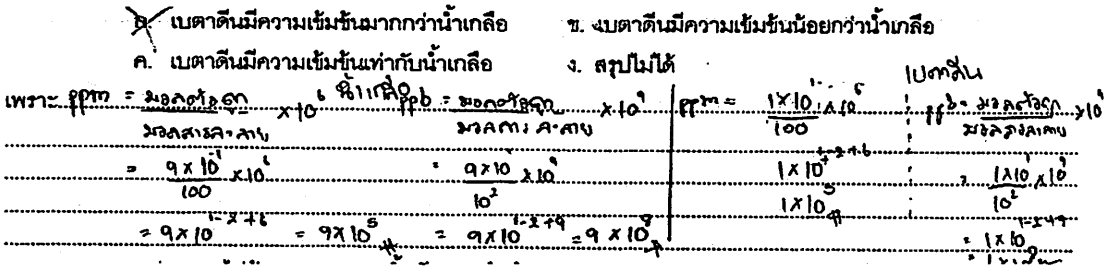
นักเรียน S16 ให้เหตุผลว่า "เบตาดีนมีความเข้มข้นมากกว่าน้ำเกลือ โดยการคำนวณหาหน่วยความเข้มข้นในหน่วย ppm และ ppb แต่จากโจทย์กำหนดความหนาแน่นมาให้จึงต้องคำนวณมวลของสารละลาย แล้วจึงคำนวณหาความเข้มข้นของเบตาดีนและน้ำเกลือมาเปรียบเทียบกัน" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 42




**ภาพ 42 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S16 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 1 เรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

### 2. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)

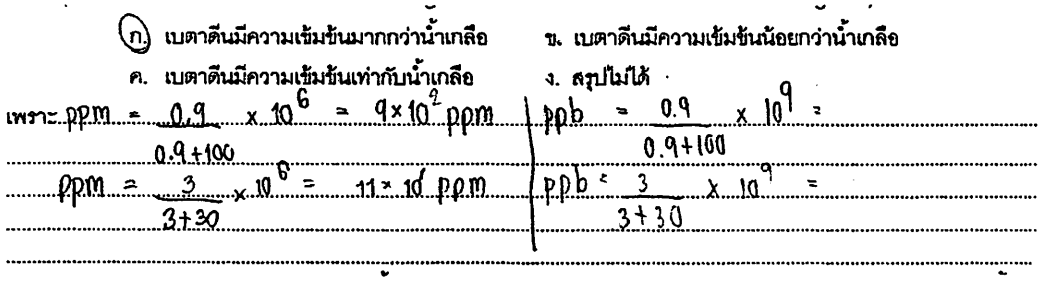
นักเรียน S42 ให้เหตุผลว่า "จากฉลากของน้ำเกลือ มีมวลของตัวถูกละลายระบุไว้ คือ 0.9 กรัม แต่มวลของสารละลาย ไม่ได้นำความหนาแน่นมาคำนวณเพื่อหามวลของสารละลายใหม่ จึงทำให้หน่วยความเข้มข้นในหน่วย ppm และ ppb ไม่สมบูรณ์ แต่เข้าใจวิธีการหาในหน่วยดังกล่าว เช่นเดียวกับการหาในหน่วยของ ppm และ ppb ในเบตาดีนไม่ได้นำความหนาแน่นมาคำนวณหามวลของสารละลายใหม่" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 43




**ภาพ 43 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S42 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**3. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)**

นักเรียน S24 ให้เหตุผลว่า "จากฉลากของน้ำเกลือมีมวลของเกลือ 0.9 กรัม และปริมาตรของสารละลายหรือน้ำเกลือ 100 มิลลิลิตร เมื่อนำมาแทนในสูตรหาความเข้มข้นในหน่วย ppm และ ppb สามารถแทนค่าของมวลตัวถูกละลายในหน่วยกรัม และในสารละลายแทนเป็นปริมาตรของสารละลายในหน่วยมิลลิลิตร เช่นเดียวกับเบตาดีน " ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 44



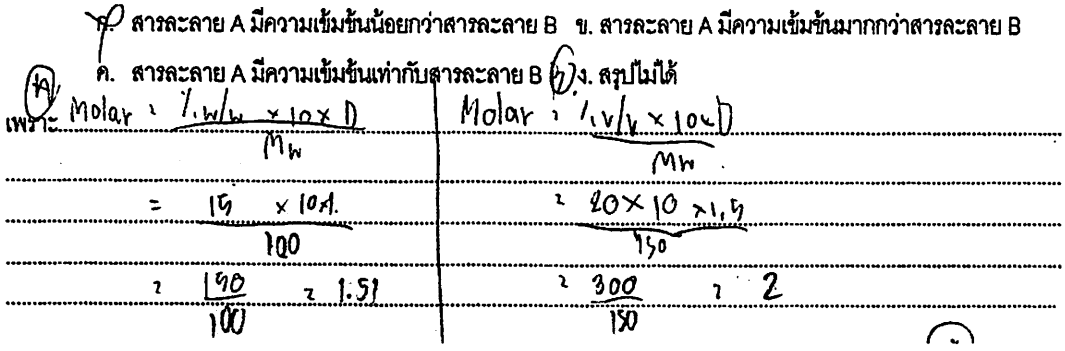

**ภาพ 44 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S24 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**มโนทัศน์ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 2 ถามว่า "สารละลาย A และสารละลาย B มีความเข้มข้น 15%w/w และ 20%v/v ตามลำดับ โดยสารละลายทั้ง 2 ชนิดมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ข้อใดสรุปถูกต้อง (กำหนดให้ความหนาแน่นของ A คือ 1 g/cm$^3$ ความหนาแน่นของ B คือ 1.5 g/cm$^3$ มวลโมเลกุลของ A เท่ากับ 100 และมวลโมเลกุลของ B เท่ากับ 150)"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU)**

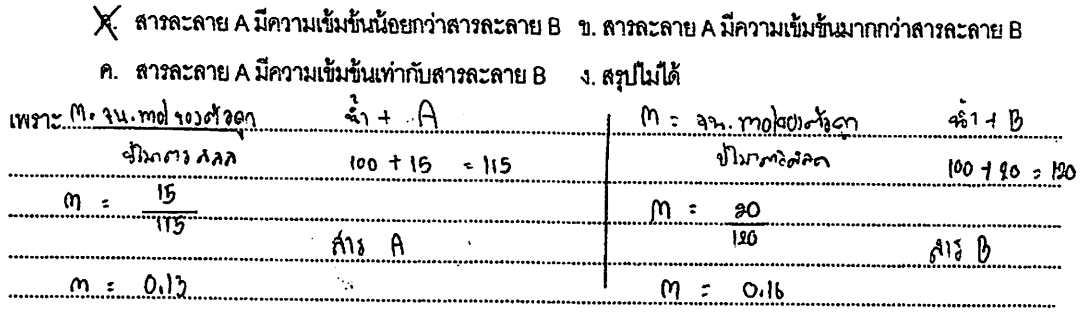
นักเรียน S18 ให้เหตุผลว่า "สารละลาย A มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีมากกว่าสารละลาย B โดยคำนวณจากการนำความหนาแน่นและร้อยละโดยมวลและร้อยละโดยปริมาตรมาแปลงเป็นหน่วยโมลาริตี ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 45




**ภาพ 45 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S18 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 2 เรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

2. **ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)**

นักเรียน S44 ให้เหตุผลว่า "สารละลาย A มีความเข้มข้นมากกว่าสารละลาย B ในหน่วยความเข้มข้นโมลาริตี โดยการคำนวณหาในหน่วยโมลาริตีจากการแปลความหมายของหน่วยร้อยละโดยมวลและร้อยละโดยปริมาตร แต่ต้องนำความหนาแน่นมาคำนวณในการหาปริมาตรของสารละลาย " ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 46




**ภาพ 46 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S44 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 2 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**มโนทัศน์ที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 3 ถามว่า "นักเรียนสองคนได้วิเคราะห์หาเศษส่วนโมลในสารละลายต่อไปนี้การะเกดวิเคราะห์ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ($H_2SO_4$) เข้มข้น 10 mol/kg และเกดสุรางค์วิเคราะห์ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 15 mol/kg (กำหนดให้ ความหนาแน่นของ $H_2SO_4$ คือ 1.75 g/cm$^3$ ความหนาแน่นของ NaCl คือ 1.25 g/cm$^3$) ผลการวิเคราะห์ในข้อใดถูกต้อง"

**1. ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU)**

นักเรียน S2 ให้เหตุผลว่า "เศษส่วนโมลของน้ำในกรดซัลฟิวริกมีค่ามากกว่าเศษโมลของน้ำในเกลือแกง โดยการคำนวณโมลของตัวถูกละลายและตัวทำละลาย จึงนำโมลของน้ำมาหารกับโมลของสารลละลาย และการหาเศษส่วนโมลจะมีค่าไม่เกิน 1" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 47

ก. เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกดมีค่าน้อยกว่าเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์
ข. เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกดมีค่ามากกว่าเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์
ค. เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกดมีเท่ากับเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์
ง. สรุปไม่ได้

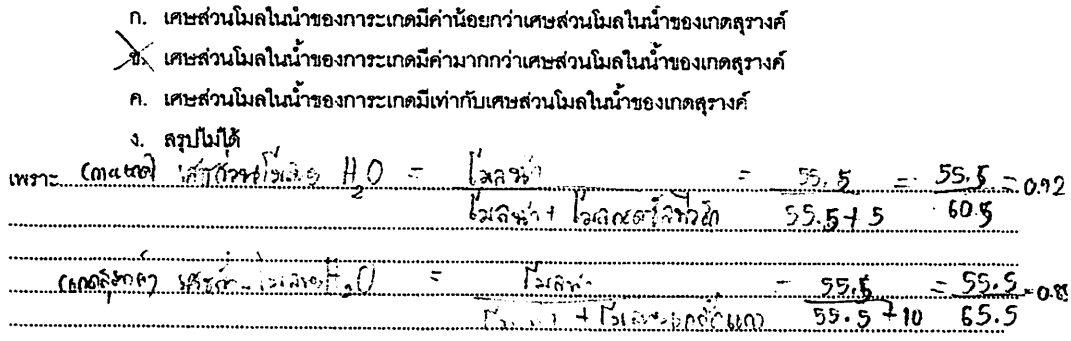
เพราะ $X_{H_2O} = \frac{\text{mol } H_2O}{\text{mol } H_2O + \text{mol } H_2SO_4} = \frac{55.6}{65.6} = 0.85$

$X_{H_2O} = \frac{\text{mol } H_2O}{\text{mol } H_2O + \text{mol NaCl}} = \frac{55.6}{70.6} = 0.79$

**ภาพ 47 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S2 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**2. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)**

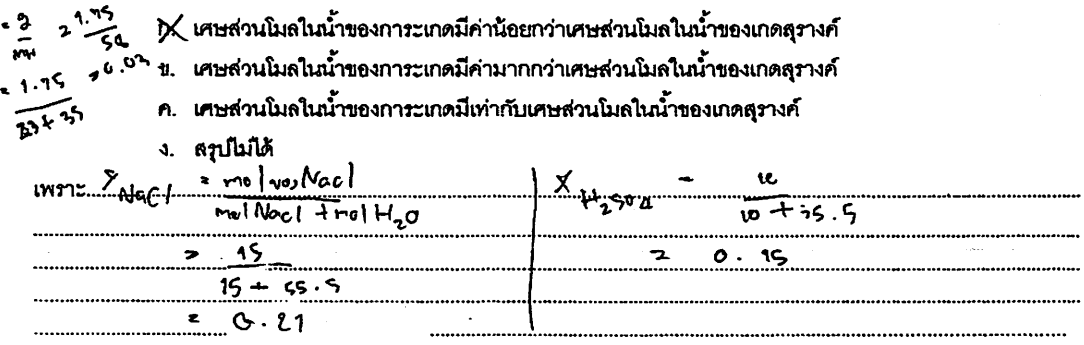
นักเรียน S5 ให้เหตุผลว่า "เศษส่วนโมลของน้ำในกรดซัลฟิวริกมีค่ามากกว่าเศษโมลของน้ำในเกลือแกง สามารถคำนวณหาเศษส่วนโมลของน้ำได้ถูกต้อง แต่คำนวณจำนวนโมลของตัวถูกละลายผิดพลาด ได้แก่ จำนวณโมลของกรดซัลฟิวริก และจำนวนโมลของเกลือแกง" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 48




**ภาพ 48 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

**3. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)**

นักเรียน S22 ให้เหตุผลว่า "เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกิดมีค่าน้อยกว่าเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์ เป็นเพราะว่านักเรียนเลือกโมลที่ต้องการหาคือ โมลของตัวถูกละลาย ได้แก่ กรดซัลฟิวริก และเกลือแกง แต่โจทย์ต้องการให้เปรียบเทียบจำนวนโมลของน้ำ ซึ่งเป็นตัวทำละลาย แต่นักเรียนมีวิธีการคำนวณหาเศษส่วนโมลได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในการเลือกโมลของตัวถูกละลายมาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบเศษส่วนโมลกัน" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังภาพ 49




**ภาพ 49 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S22 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

4. **ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (NU)**

นักเรียน S15 ให้เหตุผลว่า "ในโจทย์ต้องการให้เปรียบเทียบหน่วยความเข้มข้นในรูปแบบเศษส่วนโมล แต่ได้มีการนำหน่วยความเข้มข้นในรูปร้อยละโดยมวลมาคำนวณในการเปรียบเทียบ และในโจทย์ 10 mol/kg และ 15 mol/kg เป็นหน่วยโมแลลิตี ไม่ใช่หน่วยโมลาริตีที่ใช้แทนในสูตรดังกล่าว" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 50

ก. เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกดมีค่าน้อยกว่าเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์

ข. เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกดมีค่ามากกว่าเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์

ค. เศษส่วนโมลในน้ำของการะเกดมีเท่ากับเศษส่วนโมลในน้ำของเกดสุรางค์

เพราะ ..ยูปไม่ได้ โมล่า = %w/w x10 = D / Mw ... โมล่า = %w/w x10 x D / Mw

10 = %w/w x 10 x 1.75 / 26 ... 15 = %w/w x 10 x 1.25 / 28

%w/w = 10 x 10 x 1.75 / 26 = 175 / 26 = 6.73 ... %w/w = 15 x 10 x 1.25 / 28 = 125 / 28 = 4.46

**ภาพ 50 ตัวอย่างไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (NU) ของนักเรียน S15 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 3 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

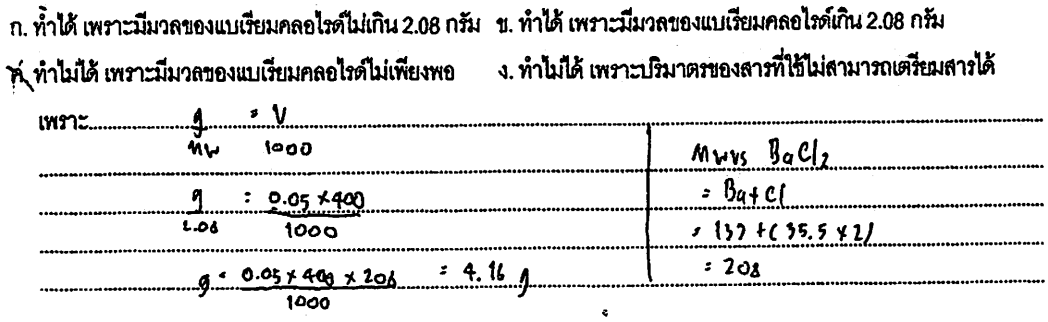
จากตาราง 9 พบว่า ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเตรียมสารละลาย นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 36.30 รองลงมา คือ มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 35.55 และกลุ่มมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ร้อยละ 28.15 ตามลำดับ โดยรายละเอียดของข้อมูลมีดังต่อไปนี้

**มโนทัศน์ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 4 ถามว่า "ถ้าต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 0.05 mol/dm$^3$ ปริมาตร 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) 2.08 กรัม จะทำได้หรือไม่ เพราะเหตุ"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์** (SU)

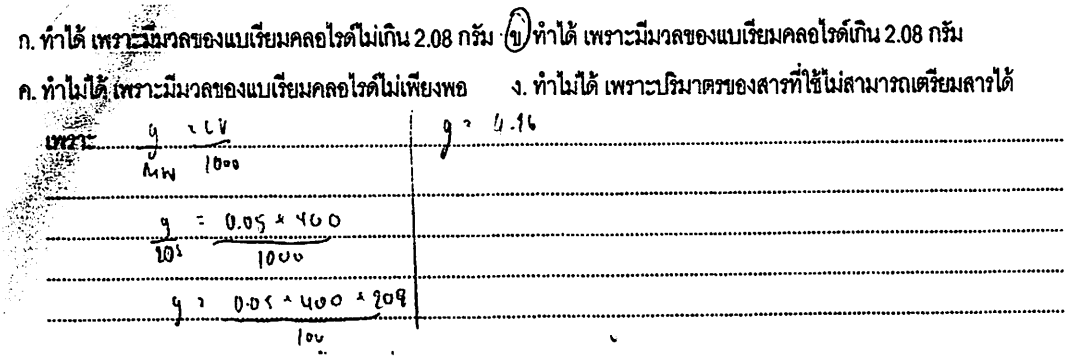
นักเรียน S4 ให้เหตุผลว่า " การเตรียมสารละลายมี 2 วิธี ซึ่งวิธีที่ใช้ในการคำนวณสารบริสุทธิ์ที่เป็นของแข็งคือ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ และสามารถเลือกสูตรได้ถูกต้องและวิเคราะห์การเตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ได้จากโจทย์ คือ ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย $BaCl_2$ 0.05 M ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ต้องใช้ 4.16 กรัม แต่โจทย์กำหนด 2.08 กรัม ดังนั้นจึงไม่สามารถทำได้ เพราะปริมาณของ $BaCl_2$ ที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะใช้ในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรดังกล่าว" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 51




**ภาพ 51 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S4 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

### 2. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)

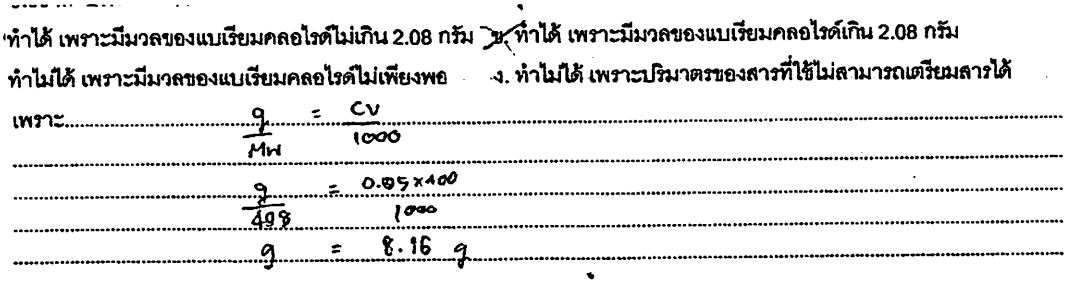
นักเรียน S32 ให้เหตุผลว่า "ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย $BaCl_2$ 0.05 M ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ต้องใช้ 4.16 กรัม แต่ไม่ได้วิเคราะห์โจทย์ว่าถ้ามีแบเรียมคลอไรด์ 2.08 กรัม จะเตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 M ในปริมาตร 400 มิลลิลิตรได้หรือไม่" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 52




**ภาพ 52 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S32 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

### 3. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)

นักเรียน S27 ให้เหตุผลว่า "สามารถเลือกวิธีการคำนวณสารบริสุทธิ์ที่จะเตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.05 M ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แต่คำนวณหามวลโมเลกุลของ $BaCl_2$ ได้ไม่ถูกต้อง" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 53



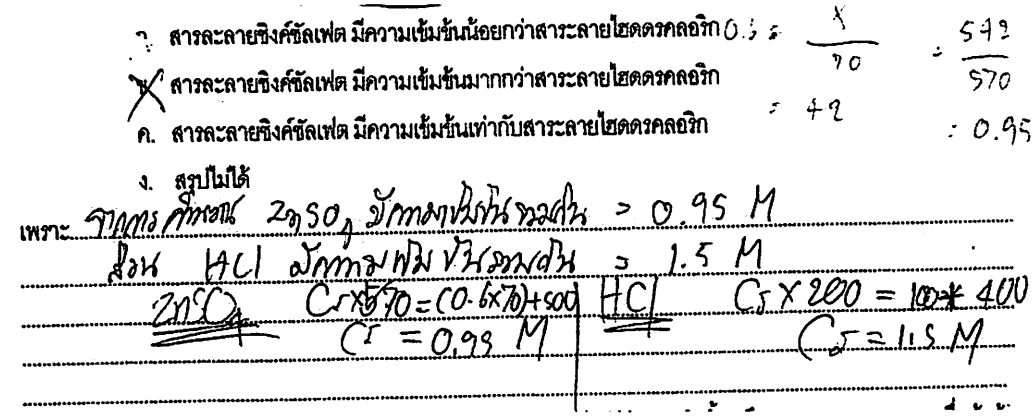

**ภาพ 53 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S27 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

**มโนทัศน์ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 5 ถามว่า "นักเคมีทำการผสมสารละลายตัวอย่าง 2 ชนิดต่อไปนี้ สารละลายที่ 1 สารละลายซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) เข้มข้น 0.6 1 mol/dm$^3$ ปริมาตร 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร กับ สารละลาย $ZnSO_4$ เข้มข้น 1 mol/dm$^3$ ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายที่ 2 สารละลายไฮดดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 1 mol/dm$^3$ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร กับสารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้น 2 mol/dm$^3$ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงพิจารณาความเข้มข้นของสารละลายทั้ง 2 ชนิดในหน่วย mol/dm$^3$ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้อง"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU)**

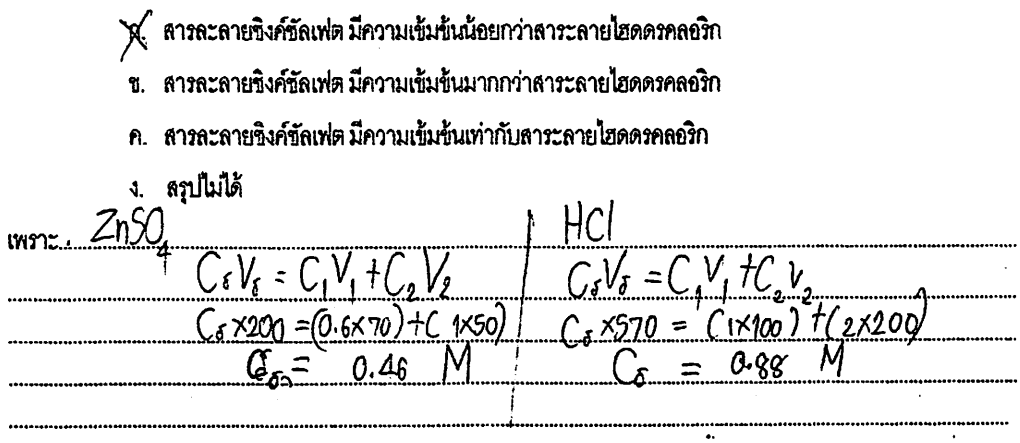
นักเรียน S17 ให้เหตุผลว่า "สารละลายซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นมากกว่าสารละลายไฮโดรคลอริก การเตรียมสารละลายมี 2 วิธี ซึ่งวิธีที่ใช้ในการคำนวณสารละลายเข้มข้นไปเจือจาง และการเตรียมสารละลายจากโจทย์มีหลายความเข้มข้น จึงต้องรวมปริมาตรรวม เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายที่ผสมกัน" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 54




**ภาพ 54 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S17 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 5 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

### 2. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)

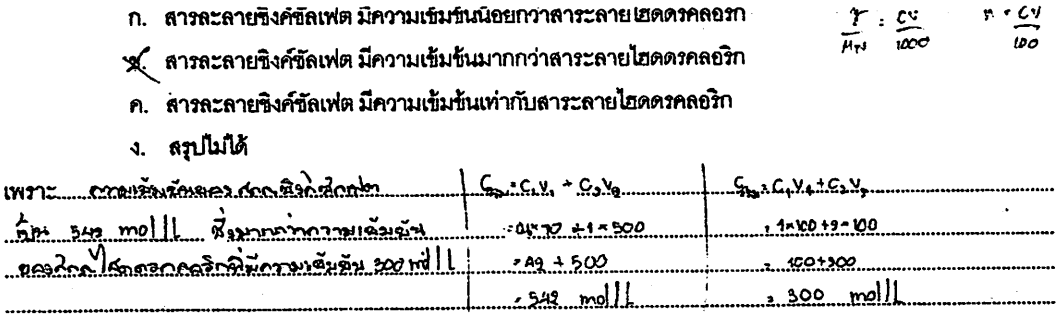
นักเรียน S23 ให้เหตุผลว่า " ในการคำนวณความเข้มข้นรวมของสารละลายสำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรหลากลาย จะได้คำนวณความเข้มข้นใหม่หลังผสม แต่จากการคำนวณ ปรากฏว่าสลับปริมาตรรวมของสารละลายแต่ละชนิด แต่เลือกวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 55




**ภาพ 55 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S23 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 5 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

### 3. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)

นักเรียน S19 ให้เหตุผลว่า "จากโจทย์การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายหลังผสมกัน สามารถเลือกวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง แต่ไม่ได้นำปริมาตรรวมจากที่ผสมสารละลายแล้วมาคำนวณด้วย" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 56



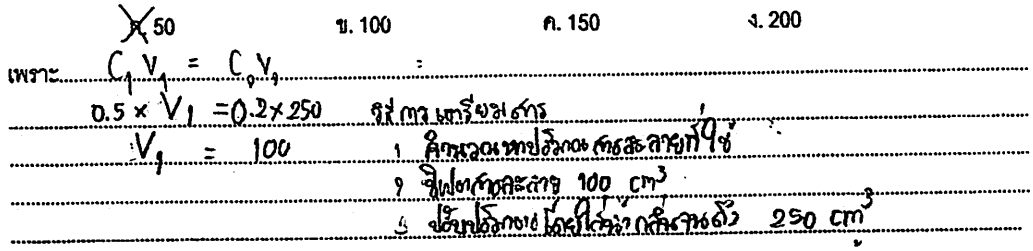

**ภาพ 56 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S19 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ**

**เทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 5 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**
**มโนทัศน์ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 6 ถามว่า "จ๊าบ ต้องการเตรียมสารละลาย NaCl 0.2 mol/dm$^3$ ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับใช้ในการทำน้ำเกลือ โดยเตรียมจากสารละลาย NaCl ซึ่งเข้มข้น 0.5 mol/dm$^3$ จะต้องนำสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.5 mol/dm$^3$ มากี่ลูกบาศก์เซนติเมตร และจะมีวิธีการเตรียมสารละลายดังกล่าวอย่างไร"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์** (SU)

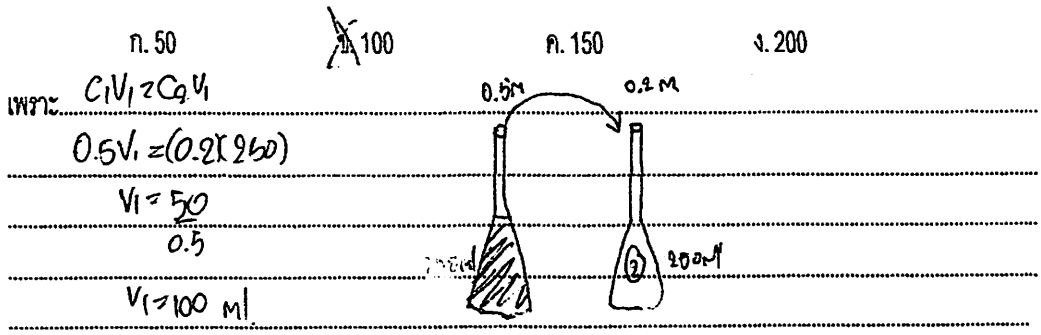
นักเรียน S8 ให้เหตุผลว่า "การเตรียมสารละลายมี 2 วิธี ซึ่งวิธีที่ใช้ในการคำนวณสารละลายเข้มข้นไปเจือจางในการเตรียมสารละลายของจ๊าบ จะต้องปิเปตสารละลาย NaCl 0.5 mol/dm$^3$ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาใส่ในขวดที่ 2 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะทำให้ได้สารละลาย NaCl 0.5 mol/dm$^3$ ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 57




**ภาพ 57 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S8 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 6 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

2. **ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์** (PU)

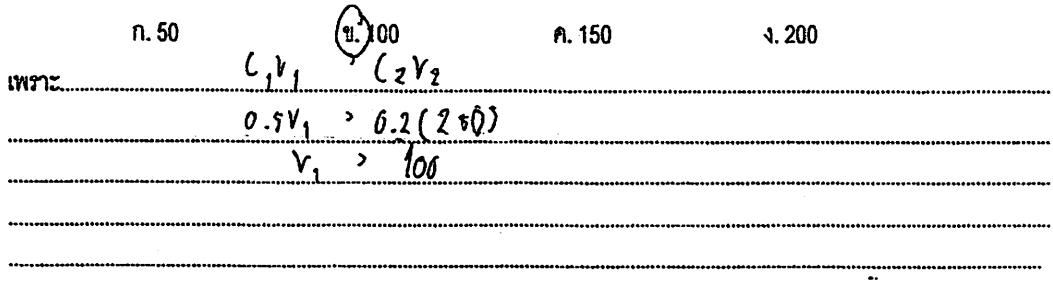
นักเรียน S9 ให้เหตุผลว่า "การเตรียมสาระลายเข้มข้นไปเจือจางต้องคำนวณปริมาตรสารละลายที่ใช้ในขวดที่มีความเข้มข้นมาก เพื่อนำมาปิเปตแล้วใส่น้ำเพื่อเจือจางให้สารละลายมีความเข้มข้นน้อยลง จากภาพคำตอบ ไม่ได้อธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลายเข้มข้นไปเจือจางไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่ได้แสดงขั้นตอนการปิเปตสารละลาย" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 58




**ภาพ 58 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S9 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 6 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

3. **ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)**

นักเรียน S10 ให้เหตุผลว่า "การเตรียมสารละลายเข้มข้นไปเจือจางมีวิธีการคำนวณที่ถูกต้อง ไม่ได้อธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลาย และนักเรียนไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนต่างๆ จึงส่งผลทำให้แทนค่าไม่ถูกต้อง" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 59




**ภาพ 59 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S10 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 6 เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

จากตาราง 9 พบว่า ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 42.96 รองลงมา คือ มโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 34.82 และกลุ่มมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ร้อยละ 22.22 ตามลำดับ โดยรายละเอียดของข้อมูลมีดังต่อไปนี้

**มโนทัศน์ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 7 ถามว่า "จุ๊บ แจ๊บ จุ๊ ได้ทำการทดลองเพื่อหาจุดเดือดของสารละลายตัวอย่างต่อไปนี้ โดยเปรียบเทียบจากสารต่อไปนี้

1) ยูเรียเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

(มวลโมเลกุลของยูเรีย = 60, $K_b$ = 2.25 $^{o}$C/mol/kg)

2) กรดเบนโซอิกเข้มข้น 2 โมแลล

(มวลโมเลกุลของกรดเบนโซอิก = 122, $K_b$ = 2.55 $^{o}$C/mol/kg)

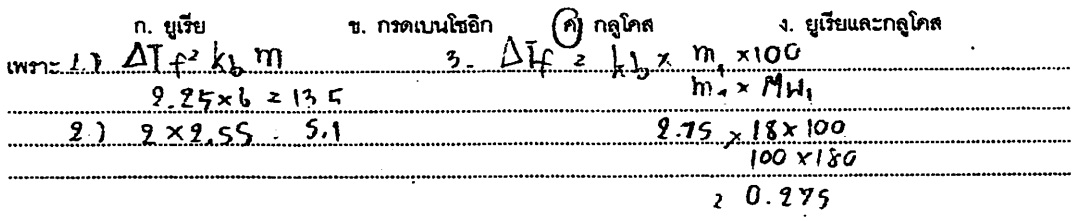
3) กลูโคส 18 กรัม ในน้ำ 100 กรัม

(มวลโมเลกุลของกลูโคส =180, $K_b$ = 0.51 $^{o}$C/mol/kg )

จากข้อมูลดังกล่าว สารใดมีจุดหลอมเหลวต่ำสุด"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU)**

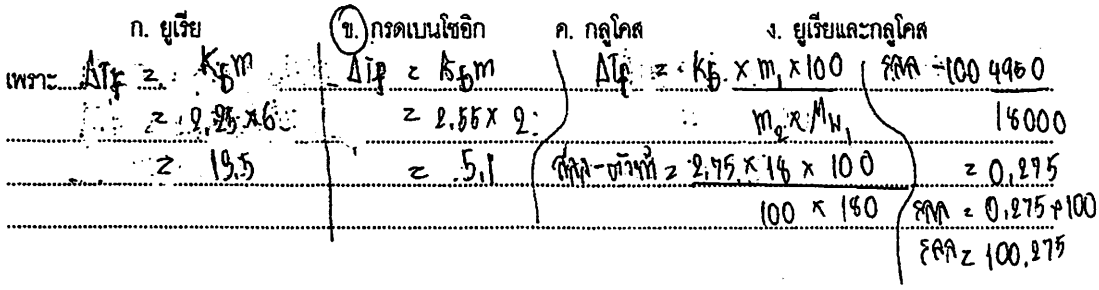
นักเรียน S28 ให้เหตุผลว่า "สมบัติบางประการของสารละลาย ขึ้นอยู่กับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายและสารบริสุทธิ์ โดยหน่วยความเข้มข้นที่นำมาใช้ในการคำนวณคือ หน่วยโมแลลิตี ดังนั้นจากโจทย์กลูโคสมีความเข้มข้นในหน่วยโมแลลมากกว่าสารละลายกรดเบนโซอิกและมีจุดหลอมเหลวต่ำสุด" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 60




**ภาพ 60 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S28 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 7 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

2. **ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)**

นักเรียน S34 ให้เหตุผลว่า "สมบัติบางประการของสารละลายขึ้นอยู่กับจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวของสารละลาย จากการคำนวณพบว่ากลูโคสต้องมีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 0.275 แต่จากการคำนวณของนักเรียนเลือกสูตรและแทนค่าการคำนวณถูกต้อง แต่โจทย์ในข้อนี้ถามถึงจุดหลอมเหลวที่ต่ำลง ($\Delta T_b$) แต่ได้คำนวณจุดหลอมเหลวของสารละลาย" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 61




**ภาพ 61 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S34 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 7 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

3. **ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)**

นักเรียน S5 ให้เหตุผลว่า "การคำนวณจุดหลอมเหลวที่ลดต่ำลงในยูเรีย และกรดเบนโซอิกถูกต้อง แต่สำหรับการคำนวณจุดหลอมเหลวที่ต่ำของกลูโคสไม่ถูกต้อง เนื่องจากสูตรที่เลือกใช้ เหมาะสำหรับการแทนค่าความเข้มข้นในหน่วยโมแลลิตี (mol/kg) แต่จากโจทย์ได้กำหนดมวลตัวถูกละลายเป็นหน่วยกรัม และมวลของตัวทำละลายเป็นหน่วยกรัมเช่นกัน จึงไม่สามารถใช้สูตรดังกล่าวได้ " ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 62

ก. ยูเรีย ~~ข.~~ กรดเบนโซอิก ค. กลูโคส ง. ยูเรียและกลูโคส

เพราะ $\Delta T_f = k\,m$ $\Delta T_f = k\,m$ $\Delta T_f = k\,m$

$6\,(2.25)$ $2\,(2.55)$ $18\,(2.95)$

$13.5$ $5.1$ $19.5$

**ภาพ 62 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 7 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**มโนทัศน์ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**คำถามข้อที่ 8** ถามว่า "สารละลาย A มีน้ำเป็นตัวถูกละลาย มีมวลโมเลกุล 18 และสารละลายอีกชนิดหนึ่งมีตัวละลาย B จำนวน 4.68 กรัม ละลายในน้ำ 287 กรัม มีจุดเยือกแข็ง –0.153 องศาเซลเซียส มวลโมเลกุลของสารละลาย A หรือ B มีค่ามากกว่ากัน"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์** (SU)

นักเรียน S28 ให้เหตุผลว่า "มวลโมเลกุลของสารละลาย A เท่ากับ 18 และมวลโมเลกุลของสารละลาย B ที่ได้จากการคำนวณคือ 22 ดังนั้น สารละลาย B มีมวลโมเลกุลมากกว่าสารละลาย A" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 63

ก. A (ข.) B ค. A = B ง. สรุปไม่ได้

เพราะ $\Delta T_f = k_f \times m_1 \times 100$

$m_2 \times MW_1$

$0 - (-0.153) = k_f \times 4.68 \times 100$

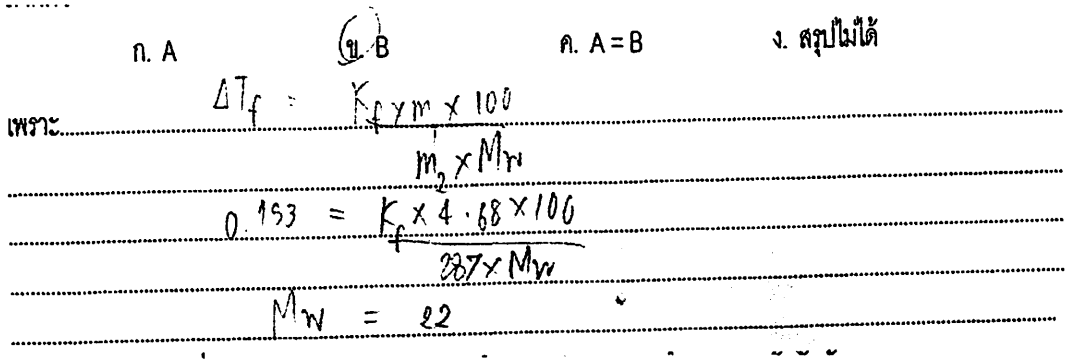
$0.153 = k_f \times \frac{468}{287} = 92$

9 สารละลายชนิดหนึ่งได้จากการผสมตัวละลาย (มวลโมเลกุลเท่ากับ 100) จำนวน 20 กรัม กับน้ำ 287

**ภาพ 63 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S28 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 8 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

## 2. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)

นักเรียน S6 ให้เหตุผลว่า "การคำนวณหามวลโมเลกุลจากโจทย์ได้กำหนดค่า $K_f$ , มวลของตัวถูกละลาย มวลของตัวทำละลาย และจุดเยือกแข็งของสารละลาย ดังนั้นในการหาจุดเยือกแข็งที่ลดลงจะต้องทำจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์มาลบออกจากสารละลายจึงจะสามารถคำนวณหามวลโมเลกุลได้" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 64



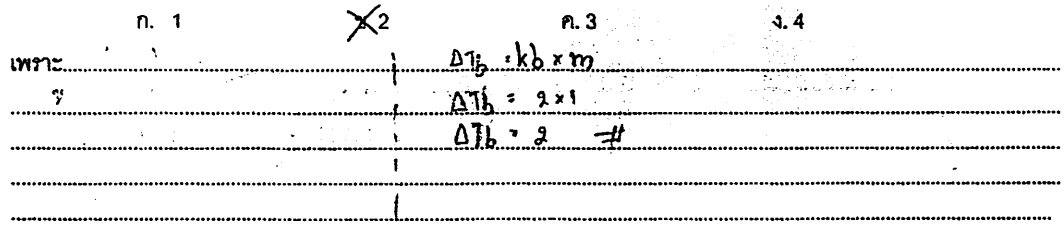

**ภาพ 64 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S6 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 8 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**มโนทัศน์ที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**คำถามข้อที่** 9 ถามว่า ". สารละลายชนิดหนึ่งได้จากการผสมตัวละลาย (มวลโมเลกุลเท่ากับ 100 ) จำนวน 20 กรัมกับตัวทำละลาย 500 กรัม ปรากฏว่ามีจุดเดือดเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ถ้าสารละลายนี้มีความเข้มข้น 1 โมแลล จะมีจุดเดือดเพิ่มขึ้นกี่องศาเซลเซียส (กำหนดให้ $K_b$ ของตัวทำละลายบริสุทธิ์ = 2.00 $^0$C/mol/kg)"

1. **ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU)**

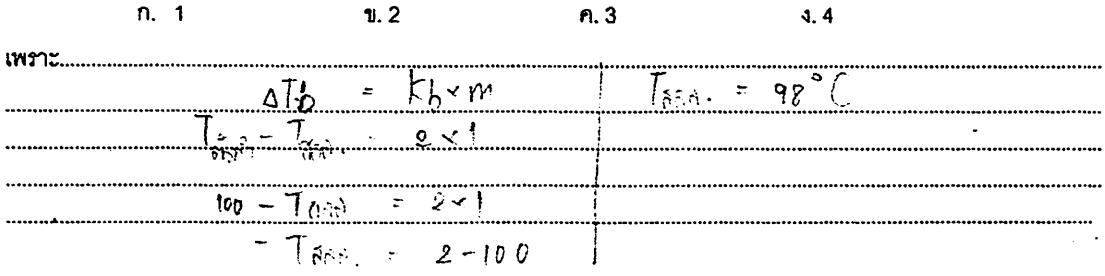
นักเรียน S31 ให้เหตุผลว่า "การคำนวณกาจุดเดือดที่เพิ่มมากขึ้น สามารถใช้หน่วยความเข้มข้นที่เป็นโมแลลิตีได้เลย เนื่องจากโจทย์กำหนดให้ และค่าที่ออกมา คือ จุดเดือดที่เพิ่มขึ้นของสารละลาย" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 65




**ภาพ 65 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ของนักเรียน S31 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 9 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

2. **ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU)**

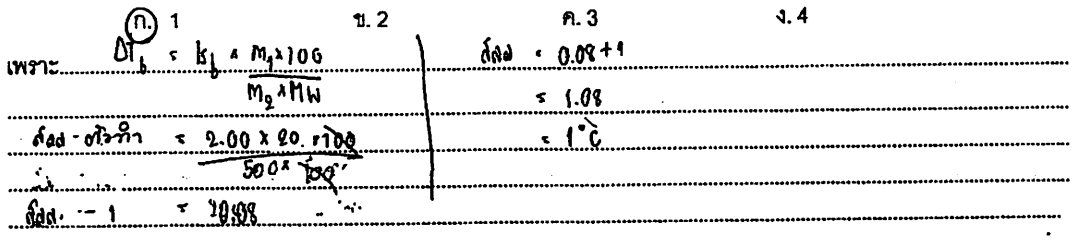
นักเรียน S11 ให้เหตุผลว่า "โจทย์ต้องการถามหาจุดเดือดที่เพิ่มมากขึ้น จึงไม่ต้องนำจุดเดือดของตัวทำละลายมาลบออกจากจุดเดือดของสารละลาย แต่สามารถแทนค่าคงที่ของจุดเดือดของสารละลาย และโมแลลิตีของสารละลาย" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 66




**ภาพ 66 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียน S11 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 9 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

**3. ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU)**

นักเรียน S29 ให้เหตุผลว่า "โจทย์ต้องการถามหาจุดเดือดที่เพิ่มขึ้น และกำหนดความเข้มข้นของสารละลายมาในหน่วยโมลาริตีจึงสามารถแทนค่าได้เลย ไม่ต้องนำมาหามวลของตัวถูกละลายและมวลของตัวทำละลายอีก" ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 67




**ภาพ 67 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU+MU) ของนักเรียน S29 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในคำถามข้อที่ 9 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์มโนทัศน์ของนักเรียนในกลุ่มที่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์จากแบบสำรวจมโนทัศน์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ตัวอย่างบทสัมภาษณ์ มีดังนี้

**มโนทัศน์ย่อย เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย**

| | |
|---|---|
| ผู้วิจัย | : จากฉลากของน้ำเกลือ โจทย์ให้คำนวณในหน่วย ppm คืออะไร |
| นักเรียนคนที่ 24 | : มวลของตัวถูกละลายกับมวลของสารละลายและเอามาคูณ $10^6$ |
| ผู้วิจัย | : จากที่นักเรียนคำนวณมา นักเรียนหามวลของสารละลายคือ นำ 0.9 มาบวกกับ 100 ทำไมถึงนำมาบวกกัน |
| นักเรียนคนที่ 24 | : เพราะว่าเป็นมวลของตัวถูก 0.9 กรัม กับ มวลของตัวทำละลาย 100 $cm^3$ |
| ผู้วิจัย | : เราสารถนำมวลของตัวทำละลายมีหน่วยเป็น $cm^3$ มาแทนค่าได้เลยหรือไม่ |
| นักเรียนคนที่ 24 | : มวลต้องมีหน่วยเป็นกรัมทั้งตัวถูกและตัวทำละลาย แต่โจทย์ไม่ได้ให้มา ก็เลยแทนด้วย $cm^3$ ไปเลย |
| ผู้วิจัย | : นักเรียนคิดว่าจากโจทย์ที่ให้ความหนาแน่นสามารถนำมาแปลงหน่วย $cm^3$ ได้หรือไม่ |
| นักเรียนคนที่ 24 | : ไม่ทราบค่ะ |

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างถามนักเรียนคนที่ 24 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในกลุ่มมโนทัศน์ในเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ความหมายของหน่วยความเข้มข้น แต่ยังมีบางส่วนไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ คือ การนำมวลของตัวทำละลายที่เป็นหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรมาแทนค่าเลย เนื่องจากโจทย์ได้กำหนดความหนาแน่นมาก เพราะฉะนั้นนักเรียนจะต้องแปลงหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรจากความหนาแน่นที่ให้

มาเป็นหน่วยกรัมก่อนจึงจะสามารถแทนค่าได้ นอกจากนั้นยังมีนักเรียนที่ไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างบทสัมภาษณ์ มีดังนี้

| | |
|---|---|
| ผู้วิจัย | : ความหมายของหน่วยโมลาริตี คืออะไร |
| นักเรียนคนที่ 15 | : จำนวนโมลในสารละลายที่มีหน่วยเป็นกรัม |
| ผู้วิจัย | : จากโจทย์ต้องการให้หาเศษส่วนโมล มีวิธีการทำอย่างไร |
| นักเรียนคนที่ 15 | : ก็นำ 10 mol/kg จากโจทย์มาแทนใน M |
| ผู้วิจัย | : M คืออะไร |
| นักเรียนคนที่ 15 | : ไม่ทราบครับ แต่น่าจะเป็น mol/kg |

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างถามนักเรียนคนที่ 15 พบว่า นักเรียนมีไม่มีมโนทัศน์ใดสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย สังเกตจากการนำหน่วยความเข้มข้น mol/kg มาแทนใน M ซึ่งก็คือหน่วยความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี หรือ mol/L

**มโนทัศน์ย่อย เรื่อง การเตรียมสารละลาย**

| | |
|---|---|
| ผู้วิจัย | : จากโจทย์ จ๊าบต้องการเตรียมสารละลายโดยใช้วิธีการเตรียมสารละลายวิธีใด |
| นักเรียนคนที่ 10 | : จากเข้มข้นไปเจือจาง |
| ผู้วิจัย | : สังเกตจากอะไร |
| นักเรียนคนที่ 10 | : ตอนแรกมีสาร 0.5 mol/$dm^3$ ต่อมาอยากได้แต่ 0.2 mol/$dm^3$ มันลดลง |
| ผู้วิจัย | : แล้วมีวิธีการเตรียมสารละลายอย่างไร |
| นักเรียนคนที่ 10 | : จำไม่ได้ |
| ผู้วิจัย | : การแทนค่า $C_1$ กับ $C_2$ คืออะไร |
| นักเรียนคนที่ 10 | : โจทย์ให้ความเข้มข้นไหนมาก่อนก็เป็น $C_1$ มาทีหลังก็เป็น $C_2$ |

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างถามนักเรียนคนที่ 10 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในกลุ่มมโนทัศน์ในเรื่องการเตรียมสารละลาย สามารถระบุวิธีการเตรียมสารละลายได้ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ คือ การแทนสูตรในการคำนวณ ซึ่ง $C_1$ จะต้องเป็นความเข้มข้นของสารละลายก่อนเตรียม และ $C_2$ คือ ความเข้มข้นของสารละลายหลังเตรียม และไม่สามารถอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายได้

**มโนทัศน์ย่อย เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**

| | |
|---|---|
| ผู้วิจัย | : จากโจทย์ จุ๊บ แจ๊บ จุ๋ นักเรียนคิดว่าการทดลองของใครที่มีจุดหลอมเหลวต่ำสุด |
| นักเรียนคนที่ 5 | : แจ๊บที่ทดลองกรดเบนโซอิก |
| ผู้วิจัย | : อย่างไร |
| นักเรียนคนที่ 5 | : พอหาจุดหลอมเหลวที่ต่ำที่สุด ก็เอา 2 โมแลลมาแทนในสูตรเลย ส่วนของจุ๊บกับจุ๋ ก็นำตัวเลขเข้าสูตรเลย ไม่ได้แปลงหน่วย |

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างถามนักเรียนคนที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในกลุ่มมโนทัศน์ในเรื่องการสมบัติบางประการของสารละลาย แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ คือการนำหน่วยความเข้มข้นอื่นๆมาแทนในสูตรการหาจุดหลอมเหลว ซึ่งต้องมีหน่วยเป็นโมแลลิตี

# บทที่ 5

# บทสรุป

การวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะช่วยพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาในทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง
3. เพื่อศึกษามโนทัศน์ของนักเรียน เรื่อง สารละลายที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง

ผู้วิจัยได้สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และในการวิจัยครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## สรุปผลการวิจัย

**1. แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย**

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง ครูยกตัวอย่างเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หรือสารในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับสารละลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียนโดยการเปิดคลิปวิดีโอเกี่ยวกับสารละลายที่อยู่ในชีวิตประจำวันก่อนที่ครูอธิบายถึงเนื้อหาเกี่ยวกับสารละลายที่จำเป็นต่อการกระตุ้นแนวคิดของนักเรียนเพื่อแสดงแนวคิดออกมา แต่พบปัญหาในการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสนใจที่จะตอบคำถามได้ถูกต้อง และ

ขาดการเชื่อมโยงคำถามนำไปสู่เรื่องสารละลาย ดังนั้นจึงใช้วิธีการเรียกตอบเป็นรายบุคคล และคำถามที่นำมาถามจะต้องชัด ตรงประเด็น และเป็นคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นได้ เช่น ให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเชื่อมโยงเนื้อหาในบทเรียนกับชีวิตประจำวันและควรมีคำถามที่ควรจะเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหา โดยอาจจะนำข่าวที่เกิดขึ้นหรือเรื่องราวน่าสนใจที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ครูจะให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองของกลุ่มตนเองในรูปแบบการวาดรูป 2 มิติ และการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ QR code ,Virtual experiment เพื่อใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่นักเรียนได้รับและการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุล ซึ่งนักเรียนจะได้แสดงออกแบบจำลองของกลุ่มตนเองก่อนโดยการวาดรูป 2 มิติ และการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นแนวคิดของแต่ละกลุ่ม โดยครูจะเดินลงไปสำรวจในแต่ละกลุ่ม เพื่อตรวจสอบความคิดของนักเรียนที่ได้รับจากการทำกิจกรรมสำรวจแนวคิด แต่พบปัญหา คือ เวลาในการเดินสำรวจเป็นรายบุคคลไม่เพียงพอ ทำให้มีนักเรียนบางคนไม่ได้ถูกกระตุ้นด้วยความคำถามและแสดงออกแบบจำลองที่มาสอดคล้อง จึงมีการปรับเปลี่ยนในการเดินสำรวจจากรายบุคคลเป็นกลุ่ม เพื่อให้สามารถสำรวจแนวคิดและกระตุ้นแนวคิดให้นักเรียนอย่างทั่วถึง จากนั้นให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองของตนเองกับเพื่อนภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบในเบื้องต้นและเพื่อเป็นการยอมรับแบบจำลองของคนอื่นมากขึ้น จากนั้นร่วมกันสรุปเป็นแบบจำลองของกลุ่ม ทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ซึมซับความรู้จากเพื่อนในกลุ่ม เพื่อสามารถนำไปแก้ไขแบบจำลองของตนเองต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง ครูควรศึกษาเว็บและแอปพลิเคชันที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะนำมาสอนวิธีการใช้เว็บและแอปพลิเคชันเทคโนโลยีเสมือนจริงให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะนำไปใช้ เพื่อจะได้รู้ข้อจำกัดของการใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งข้อจำกัดของเทคโนโลยีจาก www.zapwork.com ในการทำสร้างชิ้นงานแบบจำลองในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า เทคโนโลยีดังกล่าวไม่เอื้อต่อการสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติ จึงทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้แบบจำลองเป็นในลักษณะภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ และแอปพลิเคชัน zappar มีข้อจำกัดในการใช้โค้ด เมื่อสร้างแบบจำลองได้นั้น จะปรากฏเป็นภาพเคลื่อนไหวได้ โดยการสแกนผ่านโค้ด ซึ่งโค้ดนั้นมีอายุการใช้งานจำกัด ทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จึงต้องเปลี่ยนมาสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ในเรื่อง การเตรียมสารละลาย คือ Virtual experiment และ Colligative properties test ผ่าน www.vidinoti.com ที่สามารถรองรับการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และควรมีคลิปวิดีโอแนะนำวิธีการ

สร้างประกอบ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการสร้าง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องมีคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 1 เครื่อง และควรมีสมาชิกในกลุ่มที่มีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ ครูจำเป็นต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียนเมื่อออกมานำเสนอชิ้นงานระหว่างแบบจำลอง 2 มิติ กับ 3 มิติ เพื่อดูความสอดคล้องกัน ถ้าไม่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ครูควรสาธิตวิธีการใช้งานให้นักเรียนได้ดูเพิ่มเติมด้วย จากนั้นนักเรียนจะแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้ถูกต้องมากขึ้นและครูควรกระตุ้นคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพื่อนำไปแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้ถูกต้อง จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้องและทำให้นักเรียนมีแบบจำลองที่สอดคล้องกัน (class-consensus models) โดยการให้นักเรียนกลุ่มที่ครูคิดว่ามีแบบจำลองที่ถูกต้องที่สุด ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เห็นถึงแบบจำลองที่ถูกต้อง และครูจึงอธิบายเพิ่มเติมและแก้ไขแบบจำลองให้มีความถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นจากการใช้แบบจำลองของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง ครูให้นักเรียนทำใบงาน และครูควรตั้งคำถามในใบงานให้ชัดเจนมากกว่านี้ ถ้ามีข้อใดยากควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน และควรมีการตั้งคำถามและเปิดคลิปวิดีโอเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับสิ่งต่างๆในชีวิตประจำวันจะทำให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดและความรู้ร่วมกันมากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆได้มากขึ้น

**2. ผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย**

ผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ซึ่งมีเนื้อหาย่อย 3 เรื่อง ได้แก่ หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลายและสมบัติบางประการของสารละลาย โดยสรุปผลการวิจัยจากพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่า ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง จากการสังเกตกระบวนการสร้าง ซึ่งประกอบด้วยการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ มีดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้น พบว่า นักเรียนทั้งหมดสามารถรู้ถึงจุดแก้ไขของชิ้นงาน ซึ่งนักเรียนทุกกลุ่มสามารถแก้ไขแบบจำลอง 2 มิติ และ QR code ให้ถูกต้องและสอดคล้องกันได้ รองลงมา คือ นักเรียน (ร้อยละ 75) สามารถสร้างแบบจำลอง 2 มิติ และประเมินความสอดคล้อง(ร้อยละ 75) ระหว่างแบบจำลอง 2 มิติ และ QR code ที่มีความสอดคล้องรวมไปถึงสามารถออกมานำเสนอผลงานของตนเองได้ดี (ร้อยละ 75) มีความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอและเป็นการร่วมกันอภิปรายระหว่างครูกับนักเรียน เมื่อกลุ่มอื่นถามนักเรียนสามารถตอบคำถามได้

สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ขณะนำเสนอที่สามารถระบุได้ว่านักเรียนสามารถทำได้ในแต่ละด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเตรียมสาระลาย พบว่า จากการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองในด้านการสร้าง นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถสร้างแบบจำลอง 2 มิติ คือ ขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้ถูกต้องทั้ง 2 วิธี รวมทั้งเมื่อทำการทดลองทั้ง 2 ตอน นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ว่าตอนแรกเป็นการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ต้องมีการชั่งสารเคมี และนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ Virtual experiment โดยนักเรียนยังมีการแบ่งหน้าที่การสร้าง AR ได้ดีขึ้น มีความชัดเจนในหน้าที่ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นตลอดการทำงาน และนักเรียนมีการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมใน google เพื่อทำให้แบบจำลองมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น ด้านการประเมิน นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และรูปที่วาดในแบบจำลอง 2 มิติได้สอดคล้องกัน แสดงถึงความเข้าใจในการเตรียมสารละลายได้ดีขึ้น สังเกตจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง และร่วมกันในกลุ่มวิเคราะห์โจทย์และเลือกวิธีเตรียมสารได้ถูกต้องและรวดเร็ว เช่นเดียวกับด้านการปรับปรุง นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ชิ้น เพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในชิ้นงาน และในด้านการนำเสนอแบบจำลอง และรองลงมา คือ นักเรียน (ร้อยละ 75) มีการนำเสนอแบบจำลอง 3 มิติได้น่าสนใจ ทุกคนในกลุ่มของนักเรียนช่วยกันนำเสนองาน และนักเรียนยังอธิบายความเข้าใจของตนเองในการสร้างออกมาเป็นแบบจำลอง 3 มิติ ครูและเพื่อนได้แสดงความคิดเห็นต่อผลงานและเป็นการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ขณะนำเสนอที่สามารถระบุได้ว่านักเรียนสามารถทำได้ในแต่ละด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย พบว่าจากการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองในด้านการสร้าง นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) สามารถสร้างแบบจำลอง 2 มิติ โดยแสดงขั้นตอนการทดลองหาจุดหลอมเหลวของสารเข้าใจถูกต้อง แยกว่าสารไหนเป็นสารบริสุทธิ์ และสารละลาย สามารถอธิบายหน่วยความเข้มข้นในเรื่องโมแลลิตี ได้และยังสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ได้แก่ Colligative properties test ได้ โดยมีกระบวนการสร้างผ่าน www.vidinoti.com ด้านการประเมิน พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) สามารถสร้างแบบจำลอง 2 มิติ และแบบจำลอง 3 มิติได้สอดคล้องกัน ด้านการปรับปรุง พบว่า นักเรียน (ร้อยละ 100) เมื่อครูถามกระตุ้น นักเรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ถูกต้อง และเพิ่มความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น เช่นเดียวกับในด้านการนำเสนอแบบจำลอง พบว่า นักเรียน (ร้อยละ 100) สามารถนำเสนอผลงานได้ดี มีการออกแบบวิธีการนำเสนอที่สร้างสรรค์และทุกคนในกลุ่มที่

ออกมานำเสนอร่วมมือกัน สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ขณะนำเสนอที่สามารถระบุได้ว่านักเรียนสามารถทำได้ในแต่ละด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

**3. ผลการการศึกษามโนทัศน์องนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง**

การพัฒนามโนทัศน์เรื่องสารละลายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง สามารถพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนให้มีความเข้าใจในกลุ่มมโนทัศน์วิทยาศาสตร์จากการวิเคราะห์ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และแบบสำรวจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ในมโนทัศน์ย่อยเรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) มากที่สุด รองลงมาเป็นความเข้าใจในมโนทัศน์ย่อย เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายและการเตรียมสารละลายตามลำดับ

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในมโนทัศน์ย่อย เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย มีแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของสารละลายและการเลือกหน่วยความเข้มข้นเพื่อนำไปสู่การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล จากการวิเคราะห์ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และหลังการจัดการเรียนรู้จะมีการทำแบบสำรวจมโนทัศน์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล พัฒนาการเปลี่ยนแปลงของมโนทัศน์ของนักเรียน เมื่อเชื่อมโยงแนวคิดจากเนื้อหาวิทยาศาสตร์สู่การคำนวณ พบว่า นักเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) สูงที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มมโนทัศน์ต่างๆ สังเกตได้จากการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่นักเรียนคิดออกมาในรูปของการนำเสนอผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง 3 มิติ ซึ่งเป็น QR code ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่นักเรียนเลือกเพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารละลาย และนำไปสู่การเลือกหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย จะเห็นได้ว่าจาก QR code ของนักเรียนจะมีการอธิบายแนวความคิดของสารละลาย ได้แก่ ความหมายของสารละลายที่ประกอบไปด้วยตัวถูกละลาย และตัวทำละลาย ซึ่งนักเรียนจะสามารถแยกองค์ประกอบของสารละลายได้จากส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่สังเกตได้จากฉลากของผลิตภัณฑ์ และการเลือกหน่วยความเข้มข้นของสารละลายรวมไปถึงอธิบายความหมายของหน่วยนั้นๆ ที่เลือก ซึ่งแสดงมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สูงถึงร้อยละ 83.33 และได้นำแนวคิดที่ได้จากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ คือ QR code ไปใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันในแบบสำรวจมโนทัศน์ พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สูงที่สุด (ร้อยละ 42.22) และเนื่องจากแบบสำรวจมโนทัศน์มุ่งเน้นการคำนวณเพื่อนำความรู้ที่ได้จากชิ้นงาน

แบบจำลอง 3 มิติ มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันและยังคงพบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจากการวิเคราะห์แบบสำรวจมโนทัศน์เป็นรายบุคคล อาจเกิดจากพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน เช่น การนำความหนาแน่นมาคำนวณหามวลของตัวถูกละลายใหม่ ซึ่งนักเรียนบางคนไม่ได้นำค่าความหนาแน่นมาคำนวณจึงส่งผลให้การแทนค่าในโจทย์ไม่ถูกต้อง เนื่องจากความหนาแน่นจะส่งผลต่อความเข้มข้นของสารละลาย

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในมโนทัศน์ย่อย เรื่อง การเตรียมสารละลาย มีแนวคิดเกี่ยวกับการอธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย 2 วิธี ได้แก่ การเตรียมสารละลายบริสุทธิ์และการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น และการคำนวณความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด จากการวิเคราะห์ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และหลังการจัดการเรียนรู้มีการทำแบบสำรวจมโนทัศน์ พัฒนาการเปลี่ยนแปลงของมโนทัศน์ของนักเรียน เมื่อเชื่อมโยงแนวคิดจากเนื้อหาวิทยาศาสตร์สู่การคำนวณ พบว่า นักเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) สูงที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มมโนทัศน์ต่างๆ สังเกตได้จากการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่นักเรียนคิดออกมาในรูปของการนำเสนอผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง 3 มิติ ซึ่งเป็น Virtual Experiment เกี่ยวข้องการทดลองเสมือนจริงเป็นการอธิบายและขั้นตอนการเตรียมสารละลายทั้ง 2 วิธี โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้ครบถ้วนและสมบูรณ์ ซึ่งแสดงมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สูงถึงร้อยละ 72.22 และได้นำแนวคิดที่ได้จากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ คือ Virtual Experiment ไปใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันในแบบสำรวจมโนทัศน์ เพื่อเชื่อมโยงแนวคิดจากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ไปสู่การคำนวณความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) สูงที่สุด (ร้อยละ 36.30) เมื่อเทียบกับกลุ่มมโนทัศน์ต่างๆ เนื่องจากนักเรียนอธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้ไม่ครบถ้วนและสมบูรณ์ เช่น ในขั้นตอนการเทสารละลายจากบีกเกอร์ไปยังขวดวัดปริมาตรจะต้องใช้กรวยกรองใส่ลงในขวดวัดปริมาตรก่อนจึงเทสารละลายลงไป แต่นักเรียนข้ามขั้นตอนดังกล่าวไป และเนื่องจากแบบสำรวจมโนทัศน์มุ่งเน้นการคำนวณเพื่อนำความรู้ที่ได้จากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันจึงยังคงพบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจากการวิเคราะห์แบบสำรวจมโนทัศน์เป็นรายบุคคล เกิดจากความสับสนในความเข้าใจของความหมายของตัวแทนในสูตรการคำนวณ และความเข้าใจพื้นฐานในเนื้อหาก่อนหน้า จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถนำมวลของตัวถูกละลายมาคำนวณแปลงมาเป็นหน่วยโมลาริตีได้

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ในมโนทัศน์ย่อย เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย มีแนวคิดเกี่ยวกับเปรียบเทียบและคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย จากการวิเคราะห์ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และหลังการจัดการเรียนรู้จะมีการทำแบบสำรวจมโนทัศน์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการการคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย พัฒนาการเปลี่ยนแปลงของมโนทัศน์ของนักเรียน เมื่อเชื่อมโยงแนวคิดจากเนื้อหาวิทยาศาสตร์สู่การคำนวณ พบว่า นักเรียนมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) สูงที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มมโนทัศน์ต่างๆ สังเกตได้จากการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่นักเรียนคิดออกมาในรูปของการนำเสนอผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง 3 มิติ ซึ่งเป็น Colligative properties test เป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวทำละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในหน่วยโมแลลิตีที่ส่งผลต่อจุดเดือดและจุดเยือกแข็งที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติของสมบัติบางประการของสารละลาย และนำแนวคิดที่ได้จาก Colligative properties test ไปใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันในแบบสำรวจมโนทัศน์ เพื่อเชื่อมโยงแนวคิดจากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ไปสู่การคำนวณความเข้มข้นจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) สูงที่สุด (ร้อยละ 42.96) เมื่อเทียบกับกลุ่มมโนทัศน์ต่างๆ และเนื่องจากแบบสำรวจมโนทัศน์มุ่งเน้นการคำนวณเพื่อนำความรู้ที่ได้จากชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันจึงยังคงพบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน เช่น นักเรียนเข้าใจความหมายในหน่วยโมแลลิตีไม่ชัดเจน เมื่อนำไปแทนค่าสูตรในการคำนวณหาจุดเดือดและจุดเยือกแข็งไม่ถูกต้อง

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง สามารถพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนให้อยู่ในระดับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ จากวงจรปฏิบัติการที่ 3 1 และ 2 ตามลำดับ สังเกตได้จากการสร้างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ทั้ง 3 หัวข้อ ได้แก่ QR code, Virtual Experiment และ Colligative properties test ซึ่งแสดงถึงพัฒนาการของระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการอธิบายความหมายของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้ไปสู่การคำนวณในแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ในภาพรวมทั้งหมดได้เป็นอย่างดี และยังแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงจะสามารถส่งเสริมระดับความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้โดยผ่านการนำความรู้ไปใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานโดยการอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม

**อภิปรายผล**

การวิจัยครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากการศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการสร้างแบบจำลอง ขั้นแสดงแบบจำลอง ขั้นการทดสอบแบบจำลอง และขั้นประเมินแบบจำลอง โดยนำเอาเทคโนโลยีเสมือนจริงเข้าไปใช้ในขั้นทดสอบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแบบจำลอง 2 มิติและแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองสอดคล้องกัน ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมในขั้นการทดสอบแบบจำลอง มีการใช้แอปพลิเคชัน zappar และ v-player เข้ามาเป็นสื่อการเรียนรู้ในการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นและอยากรู้อยากเห็นในเนื้อหาที่จะเรียนมากขึ้น (ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ, 2557) และยังทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นโมเลกุลในระดับจุลภาคได้โดยไม่ต้องจินตนาการในสิ่งที่เป็นนามธรรมด้วยตนเอง สอดคล้องกับ Barak & Hussein-Farraj (2013) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อเทคโนโลยีเข้ามาช่วยสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จะช่วยทำให้สามารถจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ได้ดีและยังทำให้สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่เป็นนามธรรมสู่การเป็นรูปธรรมได้ดีขึ้นอีกด้วย และทำให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อมูลและเนื้อหาจากการใช้สื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงที่เป็นแบบจำลอง 3 มิติในการนำมาเปรียบเทียบเชิงความคิดและทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้นักเรียนมองเห็นถึงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน แล้วนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual change Theory) ของ Posner, et al. (1982) ที่กล่าวว่าการกำหนดขอบเขตของปรากฏการณ์ขึ้น เพื่อเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในมโนทัศน์เดิมที่ตนเองมีอยู่ จากนั้นนักเรียนจึงเกิดการคลายความเชื่อมั่นเดิมที่มีอยู่และเริ่มเชื่อว่าเหตุการณ์ที่ได้รับมาใหม่เพียงพอที่จะสามารถให้นักเรียนเห็นคุณค่าของมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นและเกิดการยอมรับในมโนทัศน์ใหม่ในที่สุด

ทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ การสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบ หรือ อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจเพื่อช่วยให้ ผู้เรียน มองเห็นภาพและเข้าใจในมโนทัศน์ที่แฝงอยู่ในแบบจำลองนั้น การสร้างแบบจำลอง จึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีส่วนช่วย

เสริมให้ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวความคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม ผ่านสื่อกลางหรือตัวแทนความคิดที่เรียกว่า แบบจำลอง ซึ่ง Glynn and Duit (1995) แบบจำลองนับเป็นตัวแทนทางความคิดที่นำมาใช้เป็นสื่อหลายอธิบายปรากฏการณ์ที่สนใจหรือต้องการศึกษา และสามารถช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของของ Schwarz et al.(2009) Fortus et al.(2010) และ Baek et al .(2010) ได้แก่ ด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ จากระดับทักษะการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีระดับทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับสูง โดยในด้านการปรับปรุงของทุกวงจรปฏิบัติการ และในทุกๆ ด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลองมีการพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยเฉพาะในด้านการปรับปรุง นักเรียนทั้งหมดสามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 2 มิติและแบบจำลอง 3 มิติให้สอดคล้องกัน และด้านการสร้างแบบจำลอง นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 รวมไปถึงการมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ที่ดีขึ้น และความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานที่เด่นชัดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังจะเห็นว่าในด้านการนำเสนอแบบจำลอง เมื่อสังเกตตั้งแต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ นักเรียนเมื่อออกมานำเสนอแบบจำลอง ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นต่อผลงานของกลุ่มเพื่อนและนักเรียนที่ออกมานำเสนอยังไม่กล้าแสดงออก แตกต่างจากระดับพัฒนาการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนเปิดใจรับฟังคำวิจารณ์ของครูและเพื่อน และกล้าแสดงความคิดเห็นต่อผลงานของเพื่อนเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงให้ผลงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

มโนทัศน์ส่งผลต่อการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียน ดังจะเห็นได้จากชิ้นงานของนักเรียนทั้ง 3 หัวข้อการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ QR code,Virtual experiment และ Colligative properties test การที่จะสร้างแบบจำลองได้จะต้องมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงมโนทัศน์ที่นำมาสร้างแบบจำลอง ในการสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียนได้ทำการสำรวจในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ พบว่า มีจำนวนร้อยละของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) ที่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆวงจรปฏิบัติการ ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงออกแบบจำลองในรูปแบบการวาดรูป 2 มิติ และการสร้างแบบจำลอง 3มิติ ผ่าน www.zapwork.com และ www.vidinoti.com ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนใหญ่และยังคงปรากฏมโนทัศน์ที่ไม่สอดคล้องอยู่ (NU) เป็นผลมาจากทักษะการคำนวณพื้นฐานของนักเรียนในแต่ละบุคคลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย และสอดคล้องกับแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างหลังการจัดการเรียนรู้โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์แบบจำลองที่ถูกต้องมากที่สุดเมื่อเทียบกับเกณฑ์ในระดับอื่น และหลังการจัดการ

เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้สำรวจมโนทัศน์จากแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงมีนักเรียนที่มีมโนทัศน์บางส่วนสอดคล้องและบางส่วนไม่สอดคล้อง (PU+MU)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังค้นพบเพิ่มเติมว่า จากการวิจัยในวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเหมาะกับการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์มากกว่าการคำนวณและกระบวนการหรือขั้นตอนที่มีลำดับ เนื่องจากการสร้างแบบจำลอง 3 มิติเป็นกระบวนการสร้างเป็นกลุ่ม แต่ละคนจะได้รับมอบหมายหรือแบ่งหน้าที่ในสิ่งที่ตนถนัด จึงเป็นการส่งเสริมการทำงานเป็นทีม และทักษะที่เพิ่มขึ้น คือ ทักษะทางเทคโนโลยี (ICT literacy) จะพัฒนาได้ดีที่สุดถ้าเป็นเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ซึ่งก่อนหน้านี้นักเรียนไม่ค่อยสนใจในการเรียนรู้ในวิชาเคมี เมื่อผ่านวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนรู้วิชาเคมีมากยิ่งขึ้นและนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80 มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) และเมื่อได้ทำแบบสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย กลับพบว่า ยังคงมีนักเรียนที่มีมโนทัศน์บางส่วนและบางส่วนไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็นผลมาจากการขาดพื้นฐานในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดี หรือขาดทักษะการคำนวณ ส่งผลทำให้การคำนวณของนักเรียนมีปัญหาและไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาในรายวิชาเคมีได้เท่าที่ควร และแบบจำลองที่นำมาสร้างนั้นมีข้อจำกัดและความเหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเหมาะสมกับกับเนื้อหาที่มีการอธิบายความพันธ์และในรูปแบบความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์มากที่สุด ดังจะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่นำมาสร้างเป็น 3 มิติในระหว่างการจัดการเรียนรู้จะเน้นการเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ไม่ได้มุ่งเน้นการคำนวณ เหตุผลนี้อาจจะเป็นส่วนสำคัญที่นักเรียนส่วนน้อยยังคงมีมโนทัศน์ที่บางส่วนสอดคล้องและบางส่วนไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

**ข้อเสนอแนะ**

**ข้อเสนอแนะทั่วไป**

1. การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ครูควรสาธิตการใช้งานและควรมีคู่มือประกอบการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ รวมไปถึงการอธิบายถึงความสำคัญของบทบาทของเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงการใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เหมาะสม

กับเนื้อหาในวิชาเคมีที่มีเนื้อหาที่เป็นลำดับขั้นตอน และในรูปแบบความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถนำไปใช้เพื่อให้พัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และมโนทัศน์ นอกจากนั้นยังสามารถพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากการสร้างแบบจำลองที่ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองที่แตกต่างกันและน่าสนใจ

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ***หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน*** *ปีพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). ***คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์***. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและวัสดุภัณฑ์.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). ***ผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย***. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). ***การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน***. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐกานต์ ภาคพรต. (2557). ***การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการศึกษาบันเทิงเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์***. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี. (2561). ***การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเรื่องการระเหยที่มีต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4***. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา,1(1),86-96.

ธณัฏฐา คงทน,บุญนาค สุขุมเมฆ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). ***การพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน***. *J.Res,Unit Sci.Technol. Environ Learning,7(1),62-76.*

ธีรตา ชาติวรรณ. (2560). ***การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์***. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. (2556).***เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่อง แนวคิดในการผลิตสื่อความจริงเสมือน (Augumented Reality)***. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). ***แบบจำลองกับการศึกษาวิทยาศาสตร์***. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร,38(4),139-159.

ลัดดาวัลย์ บูรณะ และจรรยา ดาสา. ***แนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย***.;วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 32(2),9-17.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2554). ***การเรียนรู้ด้วยการสร้างโลกเสมือนผสานโลกจริง***. วารสาร ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,13(2),119-127.

ศักดิ์ศรี สุภาษร,นุจรี สุภาษร วรรณวไล อธิวาสน์พงศ์ และสนธิ พลชัยยา. (2559). ***การพัฒนาความเข้าใจมโนคติเรื่องสารละลายด้วยการทดลองแบบสืบเสาะกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*** *.J.Res,Unit Sci.Technol. Environ Learning,7(1).*

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2551). ***หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์***. กรุงเทพฯ: โรงพิมพคุรุสภาลาดพร้าว.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). ***การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21***. เพชรบูรณ์:จุลดิสการพิมพ์.

สุวิมล ว่องวานิช. (2557). ***การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน*** *(Classroom Action Research)*. กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). ***ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6***. Journal of Education,26(2),42-55.

Adbo,K,&Taber,K.(2009). **Learners'mental models of the particle nature of matter: a Study of 16–year-old swedishscience students.** *International Journal of Science Education*,34(2),7-8.

Buckley,B.C.,J.D.Gobert,A.C.H.Kindfield,P.Horwutz,R.F.Tinker,B,Gerlits,U.Wilensky,C. Dede, & J.Willet. (2004). **Model-based teaching with Biological:what do they learn? How?.** *Journal of Science Education and Technology*,13(1),23-41.

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

Justi,R.,J.K. Gilbert. (2016). **Modelling-based teaching in Science education.** Netherlands:Springer.

Khan,K. (2007). **Model-based inquiries in chemistry.** *Science Education*,91,887-905.

Moutinho,S.,Moura,R,&Vasconcelos,C. (2017). **Contributiond if model-based learning to the restructuring of graduation students' mental models on natural hazards.** *EURASIA Journal of Mathermatics Science and Technology Education*, 13(7),13(7),3043-3068.

Schwarz,C.V.,B.J.Reiser,E.A.Davis,L.Kenyon.A.Acher,D.Fortus,Y.Shwartz,B.Hug,&J. Krajcik. (2009). **Developing a learning progression for scientific modeling:making sciencetific model accessible and meaningful for learner.** *Journal of Research in Science*,46(6),632-654.

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ดร.สุริยา ชาปู่
   ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. คุณครูรัชนี โสดถานา
   ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาขาเคมี
   โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
3. คุณครูอิศรา อยู่หว่าง
   ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาขาเคมี
   โรงเรียนตะพานหิน

## ภาคผนวก ข แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 31222 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เวลา 5 ชั่วโมง

---

**สาระเคมี**

ข้อ 3 เข้าใจหลักการทำปฏิกิริยาเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

**ผลการเรียนรู้**

9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ได้

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารละลายได้ (K)
2. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล (K)
3. นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล (P)
4. นักเรียนสามารถสร้าง QR Code จากผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ (P)
5. นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองได้ (P)
6. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย (A)

**สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน**

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
   2.1 ทักษะการสังเกต
   2.2 ทักษะการสำรวจค้นหา

2.3 ทักษะการวิเคราะห์

3. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

**คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน

**สาระสำคัญ**

สารละลาย คือ สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลาย มีสถานะทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้

ความเข้มข้นของสารละลาย คือ ค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณของตัวถูกละลายที่ผสมอยู่ในสารละลายสามารถบอกปริมาณความเข้มข้นของสารละลายได้เป็นร้อยละ ส่วนในล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนมวล

**สาระการเรียนรู้**

สาระลายที่ตัวทำละลายมีสถานะเดียวกัน ถือว่าสารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายเป็นตัวทำละลาย

การบอกความเข้มข้นของสารละลายอาจบอกได้ดังนี้

1. ร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อร้อยส่วนของสารละลาย จำแนกได้ดังนี้

1.1 ร้อยละโดยมวลต่อมวล

1.2 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร

1.3 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

2. ส่วนในพันล้านส่วน เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อพันล้านส่วนของสารละลายในหน่วยมวลหรือหน่วยปริมาณเดียวกัน

3. ส่วนในล้านส่วน เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อล้านส่วนของสารละลายในหน่วยมวลหรือหน่วยปริมาณเดียวกัน

4. โมลาริตี คือ หน่วยที่บอกจำนวนโมลตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรหรือ 1 ลิตร หน่วยความเข้มข้น คือ $mol/dm^3$ (ความเข้มข้นเป็นโมลาร์ ใช้สัญลักษณ์ M)

5. โมแลลิตี หน่วยที่บอกจำนวนโมลตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม หน่วย

ความเข้มข้น คือ mol/kg (ความเข้มข้นเป็นโมแลล ใช้สัญลักษณ์ m)

**กิจกรรมการเรียนรู้ : การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง**

**1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง**

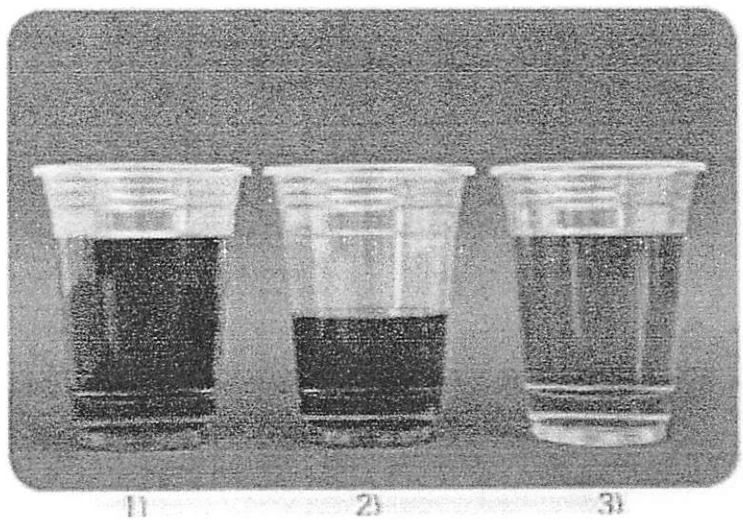
1.1 ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยนำตัวอย่างรูปหรือแก้วที่ใส่น้ำแดง 3 แก้ว ต่อไปนี้

1) น้ำแดงเต็มแก้ว

2) น้ำแดงครึ่งแก้ว

3) น้ำแดงผสมน้ำเต็มแก้ว

1) น้ำแดงเต็มแก้ว 2) น้ำแดงครึ่งแก้ว 3) น้ำแดงผสมน้ำเต็มแก้ว ดังรูป




1.2 ครูตั้งคำถามดังนี้

1.2.1 น้ำแดงทั้ง 3 แก้วเป็นสารบริสุทธิ์หรือสารละลาย

(แนวตอบ: น้ำแดงทั้ง 3 แก้วเป็นสารละลาย)

1.2.2 สารละลาย คืออะไร

(แนวตอบ:สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลาย มีสถานะทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้)

1.2.3 สารละลายมีองค์ประกอบอะไรบ้าง

(แนวตอบ:ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลาย)

1.2.4 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบความเข้มข้นและปริมาตรของน้ำแดงทั้ง 3 แก้ว

หน่วยความเข้มข้นต่อไปนี้ ร้อยละ โมลาริตี และโมแลลริตี นักเรียนคิดว่าน้ำแดงอยู่ในหน่วยใด

(แนวตอบ: เป็นไปได้ทุกหน่วย)

1.2.5 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบความเข้มข้นและปริมาตรของน้ำแดงทั้ง 3 แก้ว และจากหน่วยความเข้มข้นต่อไปนี้ ร้อยละ โมลาริตี และโมแลลริตี นักเรียนคิดว่าน้ำแดงอยู่ในหน่วยใด

(แนวตอบ: เป็นไปได้ทุกหน่วย)

**2. ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง**

2.1 ครูยกตัวอย่างสารละลายที่อยู่ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ น้ำเกลือและน้ำเชื่อม พร้อมทั้งให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย เพื่ออธิบายว่าสารใดเป็นตัวละลายและตัวทำละลาย

2.2 จากภาพ 2 มิติที่นักเรียนวาดขึ้น ครูถามคำถามดังนี้

2.2.1 2 ภาพนี้แตกต่างกันอย่างไร

(แนวตอบ: มีตัวละลายต่างกัน โดยน้ำเกลือ มีเกลือเป็นตัวละลาย และน้ำเชื่อม มีน้ำตาลเป็นตัวละลาย)

2.2.2 2 ภาพนี้เหมือนกันอย่างไร

(แนวตอบ: มีน้ำเป็นตัวทำละลาย)

2.2.3 ภาพทั้ง 2 สามารถนำไปอธิบายในสารในชีวิตประจำวัน ได้แก่ แอลกอฮอล์ได้หรือไม่

(แนวตอบ: ไม่ได้ เพราะตัวละลายเป็นแอลกอฮลล์ซึ่งเป็นของเหลว แต่น้ำเกลือและน้ำเชื่อมมีตัวละลายเป็นของแข็ง)

2.2.4 ถ้าต้องการบอกปริมาณของสารที่อยู่ในรูปสารละลายจะทำได้อย่างไร

(แนวตอบ : บอกเป็นความเข้มข้นของสารละลาย)

2.2.5 หน่วยความเข้มข้นของสารละลายมีหน่วยอะไรบ้าง

(แนวตอบ : %w/w ,%w/v ,%v/v ,ppm ,ppb ,molarity ,molality )

2.2.6 ถ้านำภาพวาดทั้ง 2 มาอธิบายหน่วยความเข้มข้นต่างๆได้หรือไม่

(แนวตอบ: สามารถบอกได้ว่าสารละลายประกอบไปด้วยตัวละลายและตัวทำละลาย แต่สถานะของตัวละลายและตัวทำละลายมีสถานะและหน่วยของปริมาณแตกต่างกัน)

2.3 ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายและร่วมกันอภิปรายในแต่ละหน่วยความเข้มข้นกับนักเรียน

**3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง**

3.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนตามความสามารถ กลุ่มละ 5 คน จำนวน 9 กลุ่ม

3.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาผลิตภัณฑ์ต่างๆในชีวิตประจำวันที่ปรากฏความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ พร้อมทั้งให้นักเรียนจัดทำ QR code ผ่าน www.zapwork.com ซึ่งเมื่อสแกน QR code โดยใช้ Applcation zappar ของผลิตภัณฑ์จะปรากฏเป็นองค์ประกอบของสารละลาย ได้แก่ ตัวละลายและตัวทำละลาย ร่วมทั้งคลิปวิดีโอแสดงความหมายของหน่วยความเข้มข้นนั้น

3.3 ครูให้นักเรียนนำ QR code มาติดรอบห้องเรียนและให้แต่ละกลุ่มนำโทรศัพท์ที่มี Application zappar มาส่องของแต่ละกลุ่ม เพื่อศึกษาหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆจากในตัวอย่างในชีวิตประจำวัน

3.4 ครูให้นักเรียนนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง

3.5 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาแบบจำลอง 3 มิติที่ได้สร้างขึ้นกับภาพวาด 2 มิติว่าสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร หากไม่สอดคล้อง นักเรียนต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้มีความสอดคล้องมากขึ้น โดยเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 1

**4. ขั้นประเมินแบบจำลอง**

4.1 ครูแจกใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำโจทย์คำนวณต่างๆ เพื่อเป็นการประเมินแบบจำลองของนักเรียนว่าสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นได้หรือไม่

4.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับหน่วยความเข้มข้นที่เกี่ยวข้องกับสารในชีวิตประจำวัน

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ใบความรู้ เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย
2. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย
3. ใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

**การวัดและประเมินผล**

| จุดประสงค์ | วิธีการ | เครื่องมือ | เกณฑ์ |
|---|---|---|---|
| 1.นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารละลายได้ (K)) | - การตอบคำถาม<br>- ภาพวาด 2 มิติ | - คำถาม<br>- ภาพวาด 2 มิติ | - นักเรียนทุกคนทำได้ในระดับ 2 ถือว่าผ่านเกณฑ์ |
| 2. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นได้ (K) | - การตอบคำถาม<br>- การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (ขณะนักเรียนนำเสนอผลงาน) | - คำถาม<br>- แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง | |
| 3. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆที่กำหนดได้ (P) | - การตอบคำถาม<br>- การทำใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย | - คำถาม<br>- ใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย<br>- แบบวัดมโนทัศน์ | - นักเรียนทุกคนทำได้ในระดับ 2 ถือว่าผ่านเกณฑ์ |
| 4. นักเรียนสามารถสร้าง QR Code จากผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ (P) | - สังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ | - แบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง<br>- การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง<br>- QR code | |
| 5. นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองได้ (P) | - สังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ | - แบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง<br>- การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง<br>- QR code | |
| 6. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน (A) | - สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน | - แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน | - นักเรียนทุกคนทำได้ในระดับ 3 ถือว่าผ่านเกณฑ์ |

## บันทึกผลหลังการสอน

### ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### แนวทางแก้ไข / ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

นักเรียนชั้น..... หน่วยการเรียนรู้ที่.....

เรื่อง.....

**คำชี้แจง** ให้ทำเครื่องหมาย√ ตามพฤติกรรมที่นักเรียนแต่ละคนแสดงออก

| พฤติกรรม / ชื่อ-สกุล | 1.ความสนใจใฝ่รู้และกระตือรือร้นในการเรียน | | | | 2.มุ่งมั่นอดทนปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างมีระเบียบ | | | | 3.ความละเอียดรอบคอบในการปฏิบัติกิจกรรม | | | | 4.ความซื่อสัตย์ประหยัดและรับผิดชอบในหน้าที่ | | | | 5.มีเหตุผลยอมรับฟังความคิดเห็นและทำงานกับผู้อื่นได้ | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**ระดับคุณภาพและเกณฑ์การประเมิน**

| ระดับการวัด | คะแนนเต็ม 10 คะแนน | คะแนนเต็ม 20 คะแนน | ระดับคุณภาพ | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|---|
| ระดับ 4 | 9 – 10 | 18 - 20 | ดีมาก | ผ่านเกณฑ์ |
| ระดับ 3 | 7 - 8 | 14 - 17 | ดี | |
| ระดับ 2 | 5 – 6 | 10 - 13 | ปานกลาง | |
| ระดับ 1 | 3 - 4 | 6 – 9 | ควรปรับปรุง | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| | 0 - 2 | 0 - 5 | ควรปรับปรุงอย่างยิ่ง | |

## ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1.....ชั้น.....เลขที่.....

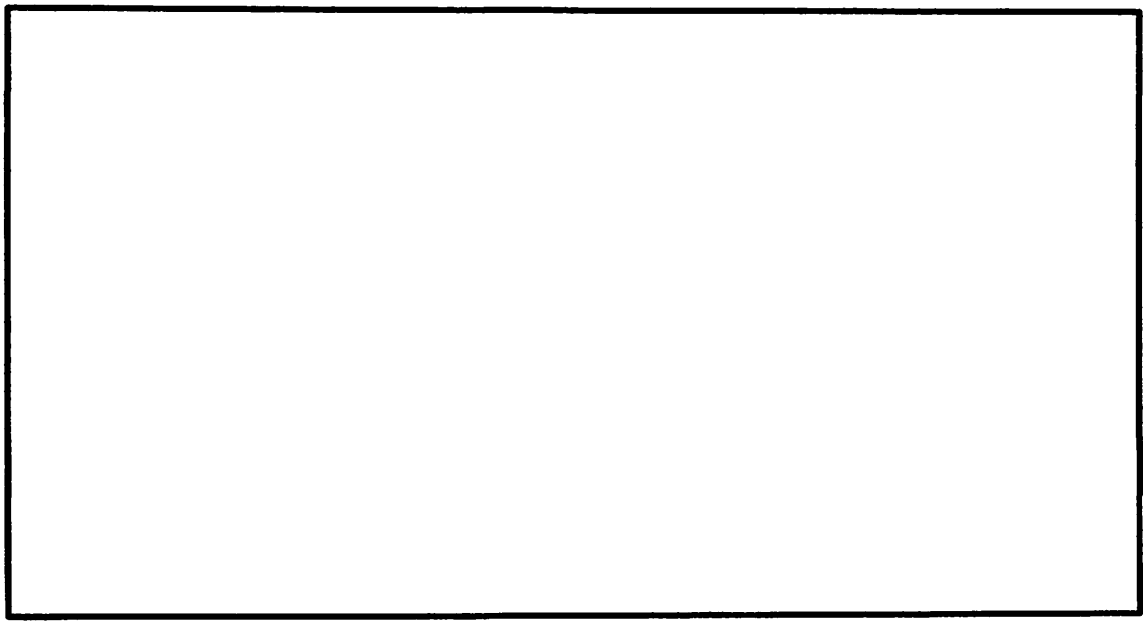
2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

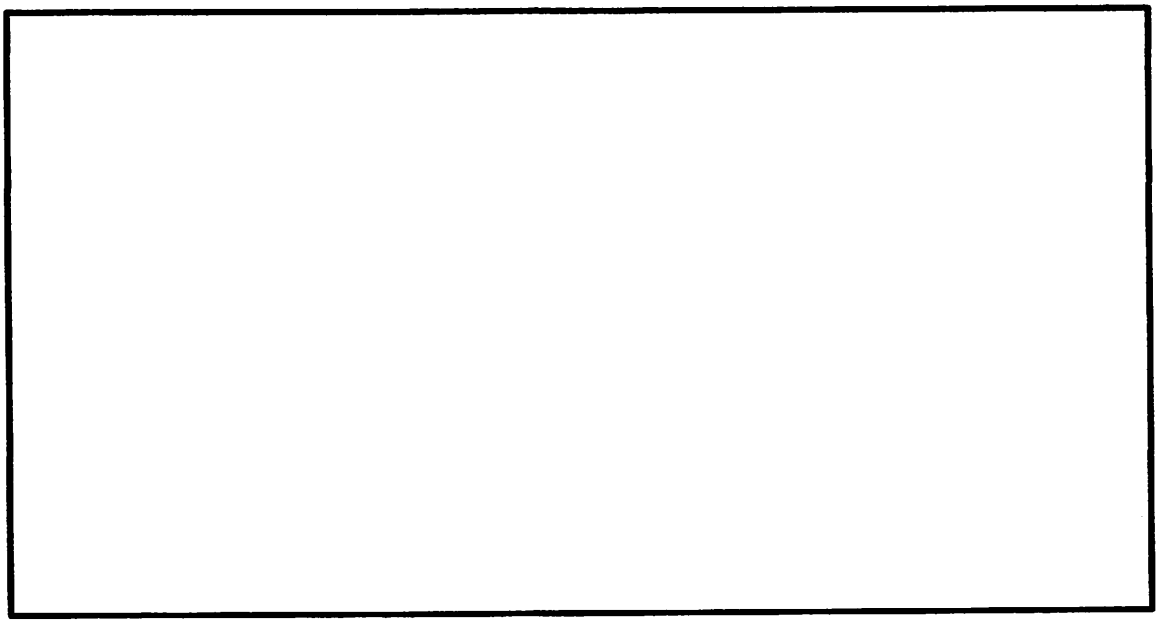
4.....ชั้น.....เลขที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....

1. วาดภาพ 2 มิติ (ความหมายของสารละลายจากความคิด)



น้ำเกลือ



น้ำเชื่อม

2. กระบวนการสร้าง QR code

3. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## ใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

**คำชี้แจง : จงแสดงวิธีทำข้อดังต่อไปนี้ให้ถูกต้อง**

1. นำสารละลายซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เข้มข้น 15 %w/v จำนวน 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีซูโครสละลายอยู่กี่โมล (มวลอะตอมของ C = 12 H = 1 O = 16)

2. สารละลาย NaOH 48 กรัม ละลายในน้ำ 1500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีสารละลาย NaOH เข้มข้นกี่โมล์ต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (มวลอะตอมของ Na = 23 H = 1 O = 16)

3. ด่างทับทิม ($KMnO_4$) 1.58 กรัม ละลายในน้ำ 100 กรัม จงคำนวณหาความเข้มข้นต่อไปนี้ (มวลอะตอมของ K = 39 Mn = 55 O = 16)

   ก. ร้อยละโดยมวล

   ข. โมแลล

   ค. เศษส่วนโมลของด่างทับทิม

   ง. เศษส่วนโมลของน้ำ

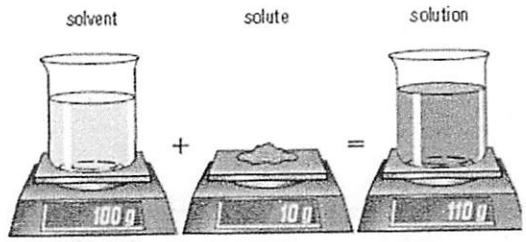
   จ. ร้อยละโดยโมลของด่างทับทิม

   ฉ. ร้อยละโดยโมลของน้ำ

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

# ใบความรู้
## เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย

**สารละลาย (Solution)** คือ สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน ประกอบด้วยตัวทำละลาย (Solvent) และตัวละลาย (Solute)




**ที่มา**:http://mccallscience.pbworks.com/w/page/48302755/Solution,%20solute%20and%20solvent

**หลักพิจารณาตัวถูกละลายและตัวทำละลาย**

✓ ถ้าตัวถูกละลายและตัวทำละลายมีสถานะเดียวกับสารละลาย ตัวทำละลาย คือ สารที่มีปริมาณมากที่สุด ในส่วนผสมนั้น สารที่มีปริมาณน้อยกว่าจัดเป็นตัวถูกละลาย

✓ ถ้าสารละลายมีสถานะแตกต่างกันจากตัวทำละลายหรือตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย คือ สารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายนั้น

**ความเข้มข้นของสารละลาย (Concentrations of Solution)**

- parts per hundred (pph) Mass/Volumepercent
- parts per million (ppm)
- parts per billion (ppb)
- Molarity
- Molality
- Mole Fraction

## ร้อยละ หรือ ส่วนใน 100 ส่วน

จำแนกได้ ดังนี้

1. **ร้อยละโดยมวล** (%w/w) คือ ปริมาณมวลของตัวละลายในมวลของสารละลาย 100 หน่วย มวลเดียวกัน
2. **ร้อยละโดยปริมาตร** (%v/v) คือ ปริมาตรของตัวละลายในสารละลายปริมาตร 100 หน่วย ปริมาตรเดียวกัน
3. **ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร** (%w/v) คือ ปริมาตรของตัวละลายในปริมาตรของสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร หน่วยมวลและหน่วยปริมาตรต้องให้สอดคล้องกัน

### สูตร

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}(g)}{\text{มวลของสารละลาย}(g)} \times 100$$

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}(cm^3)}{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}(cm^3) + \text{ปริมาตรตัวทำละลาย}(cm^3)} \times 100$$

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}(g)}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}(cm^3)} \times 100$$

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> เมื่อละลายเกลือแกง 5 กรัม ในน้ำ 75 กรัม สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นร้อยละโดยมวลเท่าใด

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวของ } NaCl(g)}{\text{มวลของสารละลาย}(g)} \times 100$$

$$= \frac{5\ g}{80\ g} \times 100$$

$$= 6.25$$

ดังนั้น สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 6.25 โดยมวล

ตัวอย่างที่ 2 ต้องการเตรียมน้ำเกลือ 5% โดยมวล จำนวน 500 กรัม จะต้องใช้เกลือจำนวนเท่าใด

วิธีทำ น้ำเกลือ 5% โดยมวล หมายถึง ในน้ำเกลือ 100 กรัม มีสารละลายอยู่ 5 กรัม โจทย์ต้องการเตรียมสารละลาย 500 กรัม

ในน้ำเกลือ 100 กรัม ใช้เกลือ 5 กรัม

ในน้ำเกลือ 500 กรัม ใช้เกลือ $\frac{5 \text{ กรัม } X \text{ } 500 \text{ กรัม}}{100 \text{ กรัม}}$ = 25 กรัม

ดังนั้น ในการเตรียมน้ำเกลือ 5% โดยมวล จำนวน 500 กรัม ใช้น้ำเกลือ 25 กรัม ละลายน้ำ 475 กรัม

ตัวอย่างที่ 3 มีน้ำตาล 2 กิโลกรัม ถ้าต้องการเตรียมน้ำเชื่อม เข้มข้น 15 % w/v จะได้น้ำเชื่อมจำนวนเท่าใด

วิธีทำ น้ำเชื่อม 15% โดย w/v หมายถึง ในน้ำเชื่อม 100 ml มีน้ำตาลอยู่ 15 กรัม โจทย์ต้องการทราบว่า ถ้ามี

น้ำตาล 2 kg จะต้องเตรียมน้ำเชื่อมกี่ ml

มีน้ำตาล 15 กรัม เตรียมน้ำเชื่อมได้ 100 ml

มีน้ำตาล 2000 กรัม เตรียมน้ำเชื่อมได้ $\frac{100 \text{ ml x } 2000 \text{ g}}{15 \text{ g}}$ = 13.33 ลิตร

ดังนั้น หากมีน้ำตาล 2 กิโลกรัม สามารถเตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้น 15 %w/v ได้ 13.33 ลิตร

ตัวอย่างที่ 4 เมื่อใส่เอทานอล 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นร้อยละเท่าไรโดยปริมาตร

วิธีทำ ร้อยละโดยปริมาตร $= \frac{\text{ปริมาตรของเอทานอล}(cm^3)}{\text{เอทานอล}(cm^3) + \text{น้ำ}(cm^3)} \times 100$

$= \frac{1\ cm^3}{1\ cm^3 + 25\ cm^3} \times 100$

$= 3.85$

ดังนั้น สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 3.85 โดยปริมาตร

## ส่วนในล้านส่วน

**คือ หน่วยที่บอกปริมาตรตัวละลายเป็นมวลหรือปริมาตรที่ละลายในสารละลาย 1 ล้านหน่วย**

เช่น สารละลายตะกั่วปนมากับเนื้อปลา 2 ppm หมายความว่า ในเนื้อปลา 1 ล้านกรัม มีตะกั่วปนอยู่ 2 กรัม

**สูตร**

$$\text{ppm (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$\text{ppm (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^6$$

ตัวอย่างที่ 5 ในสารละลายเมอร์คิวลี(II)ไนเตรด ($Hg(NO_3)_2$) ซึ่งมีเมอร์คิวรี (II) ไนเตรดอยู่ 3.24 กรัม และน้ำ 100 กรัม สารละลายมีความเข้มข้นเท่าใดในหน่วยส่วนในล้านส่วน

วิธีทำ จากสูตร $\text{ppm} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^6$

$$= \frac{\text{มวลของเมอร์คิวรี (II)ไนเตรด}}{\text{มวลของเมอร์คิวรี (II)ไนเตรด} + \text{มวลของน้ำ}} \times 10^6$$

$$= \frac{3.24 \text{ กรัม}}{3.24 \text{ กรัม} + 100 \text{ กรัม}} \times 10^6$$

$$= 3.14 \times 10^4$$

ดังนั้น สารละลายเมอร์คิวลี(II)ไนเตรด ($Hg(NO_3)_2$) มีความเข้มข้น $3.14 \times 10^4$ ส่วนในล้านส่วน

## ส่วนในพันล้านส่วน

**คือ หน่วยที่บอกปริมาตรตัวละลายเป็นมวลหรือปริมาตรที่ละลายในสารละลาย 1 พันล้านหน่วย**

เช่น สารละลายตะกั่วปนมากับเนื้อปลา 2 ppb หมายความว่า ในเนื้อปลา 1 พันล้านกรัม มีตะกั่วปนอยู่ 2 กรัม

$$\text{ppb (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^9$$

$$\text{ppb (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^9$$

ตัวอย่างที่ 6 น้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำแห่งหนึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ามีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ร้อยละ $2 \times 10^{-4}$ โดยมวล

ก. จงคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วย ppm

ข. จงคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วย ppb

วิธีทำ ก. จงคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วย ppm

$$\text{จากสูตร ppm} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$= \frac{2 \times 10^{-4}}{100} \times 10^6 \qquad = 2$$

ข. จงคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วย ppb

$$\text{จากสูตร ppb} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^9$$

$$= \frac{2 \times 10^{-4}}{100} \times 10^9 \qquad = 2000$$

ดังนั้น แหล่งน้ำตัวอย่างแห่งนี้ มีสารตะกั่วปนเปื้อนความเข้มข้น 2 ส่วนในล้านส่วน และความเข้มข้น 2000 ส่วนในพันล้านส่วน

## โมลาริตี

**คือ หน่วยที่บอกจำนวนโมลตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร หน่วยความเข้มข้น คือ $mol/dm^3$ (ความเข้มข้นเป็นโมลาร์ ใช้สัญลักษณ์ M)**

เช่น สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1.0 โมลาร์ หมายความว่า สารละลายกรดซัลฟิวริก 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร มีกรดซัลฟิวริกละลายอยู่ 1 โมล

**สูตร**

$$\text{โมลาริตี} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย(โมล)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(ลูกบาศก์เดซิเมตร/ลิตร)}}$$

ตัวอย่างที่ 7 สารละลายที่ได้จากการละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน 15.0 กรัม ในน้ำจนสารละลายมีปริมตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีความเข้มข้นกี่โมลาร์

วิธีทำ **ขั้นที่ 1 หาโมลของโซเดียมไอดรอกไซด์**

$$\text{โมลของ NaOH} = \frac{\text{มวลของโซเดียมไฮดรอกไซด์}}{\text{มวลโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์}}$$

$$= \frac{15.0 \text{ กรัม}}{39.9971 \text{ กรัม/โมล}}$$

$$= 0.375 \text{ โมล}$$

**ขั้นที่ 2 หาปริมาตรสารละลาย**

สารละลาย 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เท่ากับ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

สารละลาย 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เท่ากับ $\frac{1}{1000} \times 250 = 0.250$ ลูกบาศก์เดซิเมตร

**ขั้นที่ 3 หาความเข้มข้นของสารละลาย**

$$\text{โมลาริตี (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย(โมล)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(ลูกบาศก์เดซิเมตร/ลิตร)}}$$

$$= \frac{0.375 \text{ โมล}}{0.250 \text{ ลูกบาศก์เดซิเมตร}} = 1.50 \text{ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร}$$

ดังนั้น ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.50 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1.50 โมลาร์

## โมแลลิตี

**คือ หน่วยที่บอกจำนวนโมลตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม หน่วยความเข้มข้น คือ mol/kg (ความเข้มข้นเป็นโมแลล ใช้สัญลักษณ์ m)**

เช่น สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.5 โมแลล หมายความว่า มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.5 โมล ละลายในน้ำ 1 กิโลกรัม

**สูตร**

$$\text{โมแลลิตี} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (โมล)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (กิโลกรัม)}}$$

ตัวอย่างที่ 8 เมื่อนำสารละลายน้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 34.2 กรัม ละลายในน้ำ 500 กรัม สารละลายจะมีความเข้มข้นเท่าใด ในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม

วิธีทำ **ขั้นที่ 1 หาโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์**

$$\text{โมลของ } C_{12}H_{22}O_{11} = \frac{\text{มวลของโซเดียมไฮดรอกไซด์}}{\text{มวลโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์}}$$

$$= \frac{34.2 \text{ กรัม}}{342.2968 \text{ กรัม/โมล}}$$

$$= 0.1 \text{ mol}$$

**ขั้นที่ 2 หาปริมาตรสารละลาย**

สารละลาย 1000 กรัม เท่ากับ 1 กิโลกรัม

สารละลาย 500 กรัม เท่ากับ $\frac{1}{1000} \times 500 = 0.50$ กิโลกรัม

**ขั้นที่ 3 หาความเข้มข้นของสารละลาย**

$$\text{โมแลลิตี} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย(โมล)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย(กิโลกรัม)}}$$

$$= \frac{\mathbf{0.1}\ \text{โมล}}{\mathbf{0.50}\ \text{กิโลกรัม}}$$

$$= 0.20\ \text{โมลต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น ละลายน้ำตาลทรายเข้มข้น 0.20 โมลต่อกิโลกรัม หรือ 0.20 โมแลล

## เศษส่วนโมล

**คือ อัตราส่วนจำนวนโมลของสารนั้นกับจำนวนโมลของสารทั้งหมดในสารละลาย ใช้สัญลักษณ์ X**

เช่น สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วย สาร A a โมล,สาร B b โมล และสาร C c โมล จะได้เศษส่วนโมลของสาร A ,B และ C ดังนี้

**สูตร**

$$\text{เศษส่วนโมลของ A } (X_A) = \frac{a}{a+b+c}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของ B } (X_B) = \frac{b}{a+b+c}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของ C } (X_C) = \frac{c}{a+b+c}$$

**ร้อยละโดยมวล** ผลรวมของเศษส่วนโมลของสารองค์ประกอบทั้งหมดคือ

$X_A + X_B + X_C$ มีค่าเท่ากับ 1

เมื่อนำค่าเศษส่วนโมลของแต่ละสารมาคูณด้วย 100 จะได้ความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวลของสารนั้น

- ร้อยละโดยมวลของ A = เศษส่วนโมลของสาร A x 100
- ร้อยละโดยมวลของ B = เศษส่วนโมลของสาร B x 100
- ร้อยละโดยมวลของ C = เศษส่วนโมลของสาร C x 100

ตัวอย่างที่ 9 สารละลายชนิดหนึ่งเตรียมโดยการผสมเอทานอล ($C_2H_6O$) 10.0 กรัม กับน้ำจำนวน 100.0 กรัม จงคำนวณหาเศษส่วนโมลของเอทานอลในสารละลาย และร้อยละโดยโมลของเอทานอลในสารละลายนี้

วิธีทำ **ขั้นที่ 1 หามวลโมเลกุลของน้ำและเอทานอล**

มวลโมเลกุลของน้ำ ($H_2O$) = (2 x 1.0079) + (1 x 15.9994) = 18.0152

มวลโมเลกุลของเอทานอล ($C_2H_6O$) = (2 x 12.0108) + (6 x 1.0079) + (1 x 15.9994) = 46.0684 กรัม/โมล

**ขั้นที่ 2 หาโมลของน้ำและเอทานอล**

$$\text{โมลของน้ำ } (H_2O) = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลโมเลกุลของน้ำ}}$$

$$= \frac{\mathbf{100}\ \text{กรัม}}{\mathbf{18.0152}\ \text{กรัม/โมล}}$$

$$= 5.551\ \text{โมล}$$

$$\text{โมลของเอทานอล} = \frac{\text{มวลของเอทานอล}}{\text{มวลโมเลกุลของเอทานอล}}$$

$$= \frac{\mathbf{10.0}\ \text{กรัม}}{\mathbf{46.0684}\ \text{กรัม/โมล}}$$

$$= 0.2171\ \text{โมล}$$

**ขั้นที่ 3 หาเศษส่วนโมลของเอทานอล**

$$\text{เศษส่วนโมลของเอทานอล} = \frac{\text{โมลของเอาทานอล}}{\text{โมลของเอทานอล} + \text{โมลน้ำ}}$$

$$= \frac{\mathbf{5.551}\ \text{โมล}}{\mathbf{5.551}\ \text{โมล} + \mathbf{0.2171}\ \text{โมล}} = 0.0376$$

**ขั้นที่ 4 หาร้อยละโดยมวลของเอทานอล**

ร้อยละโดยมวลของเอทานอล = เศษส่วนโมลของเอทานอล x 100

$= 0.0376 \times 100$

$= 3.76$

**ดังนั้น ในสารละลาย มีโมลของเอทานอลร้อยละ 3.76**

**ภาคผนวก ค แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้**

**แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**
**ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562** **รายวิชา ว 31222 เคมี 2**
**ผู้สอน นางสาวกนกภรณ์ ทรวดทรง** **หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สารละลาย**
**เวลา 5 ชั่วโมง**
**ชื่อกิจกรรม**.....

---

**สะท้อนผลโดย** ☐ ครูประจำการ ☐ ผู้วิจัย

**คำชี้แจง**

กรุณาเขียนบรรยายสภาพปัญหา ข้อดี และข้อที่ควรปรับปรุง จากการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในครั้งนี้ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

**ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง**
(การสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับเรื่องสารละลาย กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ขั้นที่ 2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง**

(ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองในลักษณะแบบจำลอง 2 มิติ )

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ขั้นที่ 3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง**

(ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบ เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายกิจกรรมนั้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ นักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

(ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**สรุปปัญหา/แนวทางในการแก้ไข**

.....

.....

.....

.....

.....

**ลงชื่อ**.....

(.....)

**วันที่**...../...../...../

# ประวัติผู้วิจัย

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ – ชื่อสกุล** | กนกภรณ์ ทรวดทรง |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 16 พฤษภาคม 2537 |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 47 หมู่ 2 ตำบลงิ้วราย อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร 66110 |
| **ที่ทำงานปัจจุบัน** | โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000 |
| **ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน** | ครู |
| **ประสบการณ์การทำงาน** | |
| พ.ศ. 2560 | โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000 |
| **ประวัติการศึกษา** | |
| พ.ศ. 2559 | กศ.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยนแรศวร |