



The Development of Scientific Concept Using Model-Observe-Reflect- Explain learning method cooperated with Augmented Reality

Nuttapong Watwiset¹ & Kanyarat Cojorn²

Received
25/10/2024

Reviewed
20/11/2024

Revised
28/11/2024

Accepted
28/11/2024

Abstract

This action research aim 1) to develop the scientific concept by using model-observe-reflect-explain learning method cooperated with augmented reality of student passing the criteria of partial understanding 2) to study the students' scientific concepts after using model-observe-reflect-explain learning method cooperated with augmented reality. The target contained of 19 students of Mattayomsuksa 4 who were considered as limited in scientific concept of Kalasin Pittayasan School. The purposive sampling was used to select the target group. The action research consisted of 3 cycles. The instruments employed in study were (1) lesson plan, (2) the scientific conceptual test, (3) interview form, and (4) observation form. The study findings indicated that there were 15 students or 93.75 percent in passing the criteria of partial understanding. When considering each cycle, it was found as follows:

The first cycle, there were 9 students (52.25 percent) in passing the criteria of target group, and the majority of the students had a partial understanding (PU).

The second cycle, there were 14 students (87.50 percent) in passing the criteria of target group, and the majority of the students had a sound understanding (SU).

The third cycle, there were 15 students (93.75 percent) in passing the criteria of target group, and the majority of the students had a partial understanding (PU).

Keywords: Scientific Concept; Augmented Reality; Model-Observe-Reflect-Explain learning method

¹ Mahasarakham University, Email: 64010554011@msu.ac.th

² Mahasarakham University, Email: kanyarat.c@msu.ac.th



การพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้าง แบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

นัทพงศ์ วัตวิเศษ³ และกัญญารัตน์ โคจร⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ให้อยู่ในระดับโมทัศน์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไป 2) เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน เลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนที่มีปัญหาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ โดยแบ่งเป็น 3 วงรอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 4 ชนิด ได้แก่ (1) แผนการเรียนรู้ (2) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน (4) แบบสังเกตพฤติกรรม ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 15 คน คิดเป็นร้อยละ 93.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด สามารถแบ่งเป็นวงรอบได้ดังนี้

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 9 คน คิดเป็นร้อยละ 56.25 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 14 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 15 คน คิดเป็นร้อยละ 93.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

คำสำคัญ : มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์; เทคโนโลยีเสมือนจริง; การจัดการเรียนรู้การสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย

³ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Email: 64010554011@msu.ac.th

⁴ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Email: kanyarat.c@msu.ac.th



บทนำ

เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวันและการทำงาน เกิดจากการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้ทักษะที่สำคัญคือ การค้นคว้าหาความรู้ และการตัดสินใจโดยใช้ข้อมูล (Office of the Basic Education Commission, 2008) ดังนั้นการส่งเสริมการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญ เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้โดยมีแนวคิดหรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Office of the National Education Commission, 2002) ซึ่งอาศัยการเชื่อมโยงจินตนาการระหว่างเนื้อหาและประสบการณ์ โดยสอดคล้องกับการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เกี่ยวกับความรู้และการสร้างความรู้ โดยที่ความรู้ คือ ส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างประสบการณ์และการสะท้อนความคิดที่ได้รับจากประสบการณ์ให้เกิดการเชื่อมโยงกับข้อมูลใหม่ และนักเรียน คือ ผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยเป็นคนสร้างความหมายด้วยเครื่องมือ และสัญลักษณ์กับเหตุการณ์ (Elliott, Kratochwill, Littlefield Cook and Travers, 2000) ถึงแม้จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญกับการดำเนินชีวิต แต่แนวคิดหรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มเป้าหมายยังคงคลาดเคลื่อนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 16 คน ซึ่งกำหนดเกณฑ์จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ของธรรณธรรณ กันโท (Kanto, 2020) จำนวน 2 ข้อ คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ให้ 4 คะแนน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ให้ 3 คะแนน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วนคลาดเคลื่อนบางอย่างให้ 2 คะแนน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนให้ 1 คะแนน และเข้าใจผิดให้ 0 คะแนน เกณฑ์ไม่ผ่านคือ นักเรียนที่มีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ทั้ง 2 ข้อ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมได้ ซึ่งหมายถึงนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงจินตนาการในเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ (Johnstone, 1993) เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยายหรือสาธิตให้ดู ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมน้อย ซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้น้อย จึงอาจส่งผลกระทบต่อให้นักเรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ดังนั้น นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาเพื่อให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ไม่สามารถมองเห็นและสัมผัสได้ (Johnstone, 1993)

ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าพบว่า การจัดกิจกรรมเรียนรู้โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย Model-Observe-Reflex-Explain (MORE) เป็นอีกหนึ่งในวิธีที่ส่งเสริมให้นักเรียนสะท้อนแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยอาศัยกระบวนการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง ให้มีประสิทธิภาพทางความคิดสูงขึ้น ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงความคิดของนักเรียนจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมได้ถูกต้อง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้คือ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นสังเกต ขั้นสะท้อนความคิด และขั้นอธิบาย (Tien, Rickey and Stacy, 1999) เนื่องจากนักเรียนยังขาด



การกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน จึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้ด้วยการผนวกโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงในขั้นตอนการสะท้อนความคิด เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงจินตนาการระหว่างเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมมากขึ้น (Meesuwan, 2011) จึงจะให้นักเรียนเกิดการเข้าใจในโมทัศน์ที่ถูกต้องในสิ่งที่ต้องการศึกษา ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง จึงทำให้นักเรียนเกิดโมทัศน์ที่ชัดเจนมากขึ้น ผ่านการสร้างแบบจำลองที่แสดงออก โดยใช้สื่อที่พัฒนาจากหลักการนำเทคโนโลยีที่ผสมผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริงเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น สมาร์ทโฟน กล้องวิดีโอ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งนักเรียนได้นำแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่จะช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงให้อยู่ในระดับมโนทัศน์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไป
2. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/9 จำนวน 16 คน โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ปีการศึกษา 2565 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

ตัวแปรตาม ได้แก่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เคมีเพิ่มเติม) เรื่อง สารละลาย จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2665



ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

1.1 ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/9 จำนวน 41 คน โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ปีการศึกษา 2565

1.2 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/9 จำนวน 16 คน โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ปีการศึกษา 2565 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จากการทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ของฐณธรณ์ กันโท (Kanto, 2020) พบว่า มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 39.02 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ในรายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 9 แผน 14 ชั่วโมง พบว่า มีค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ 4.17-4.28 ซึ่งอยู่ในระดับการประเมินเหมาะสมมาก

2.2 แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ลักษณะแบบวัดเป็นแบบเลือกตอบ ที่มี 2 ตอน โดยให้ตอนที่ 1 เป็นคำถามเนื้อหาจำนวน 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลให้สอดคล้องกับการเลือกตอบตอนที่ 1 ทั้งสิ้นจำนวน 3 ชุด ใช้ในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทำวงรอบทุกวงรอบ วงรอบที่ 1 จำนวน 2 ข้อ วงรอบที่ 2 จำนวน 2 ข้อ และวงรอบที่ 3 จำนวน 2 ข้อ พบว่า มีค่าความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาสาระการเรียนรู้ 0.60-0.70 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ และมีค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน 4.07-4.33 ซึ่งอยู่ในระดับการประเมินเหมาะสมมาก

2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียนเป็นแบบมีโครงสร้างโดยสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้จำนวน 1 ชุด พบว่า มีค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามกับประเด็นในการสัมภาษณ์เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ 1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

2.4 แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป็นแบบสังเกตแบบมีโครงสร้าง โดยจะสังเกตพฤติกรรมนักเรียนรายบุคคล ซึ่งสังเกตระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 1 ชุด พบว่า มีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสังเกตกับประเด็นการสังเกต 0.60-0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 วงรอบปฏิบัติการตามแนวคิด Kemmis and McTaggart

ขั้นที่ 1 วางแผน



1. สำรวจและสังเกตสภาพปัญหาของนักเรียน
2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์
3. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างเครื่องมือ
4. ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยเลือกการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ

ดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 3 แผน ในวงจรรอบปฏิบัติการที่ 1 ดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 3 แผน ในวงจรรอบปฏิบัติการที่ 2 ที่ได้รับการปรับปรุงจากการสะท้อนผลในวงจรรอบปฏิบัติการที่ 1 และดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 3 แผน ในวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 ที่ได้รับการปรับปรุงจากการสะท้อนผลในวงจรรอบปฏิบัติการที่ 2

ขั้น 3 สังเกตการณ์

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ในระหว่างการทำนกิจกรรรมจะสังเกตพฤติกรรมด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และหลังสิ้นสุดการทำนกิจกรรรมจะเก็บรวบรวมข้อมูลนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบวัดมนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ และเก็บรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีมนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ด้วยแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติการจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยวิเคราะห์การสัมภาษณ์ในแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนและผลของการสังเกตพฤติกรรมในแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อวิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณผู้วิจัยวิเคราะห์มนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายจากแบบวัดมนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ เพื่อเทียบกับเกณฑ์ที่นักเรียน



ต้องมีโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับโน้ตค้นที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) (Haider, 1997) โดยแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

1. โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound understanding: SU) หมายถึง คำตอบถูกต้อง เขียนแสดงเหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ให้คะแนน 4 คะแนน
2. โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบถูกต้อง เขียนแสดงเหตุผลถูกต้องบางส่วน หรือคำตอบไม่ถูกต้อง เขียนแสดงเหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ให้คะแนน 3 คะแนน
3. โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง (Partial understanding with specific misconception: PS) หมายถึง คำตอบถูกต้อง เขียนแสดงเหตุผลผิดหรือ คลาดเคลื่อนหรือไม่เขียน หรือคำตอบไม่ถูกต้อง เขียนแสดงเหตุผลถูกต้องบางส่วน ให้คะแนน 2 คะแนน
4. โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้อง เขียนแสดงเหตุผลผิดหรือคลาดเคลื่อน ให้คะแนน 1 คะแนน
5. เข้าใจผิด (No understanding: NU) หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้อง ไม่เขียนแสดงเหตุผลให้คะแนน 0 คะแนน

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย
นักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย 16 คน ได้ทำแบบวัดมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 วงรอบปฏิบัติการ ได้ผลดังตารางที่ 1

Table 1 โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 16 คน

วงรอบ ปฏิบัติการที่	เกณฑ์มโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์			
	ผ่าน	คิดเป็นร้อยละ	ไม่ผ่าน	คิดเป็นร้อยละ
1	9	56.25	7	43.75
2	14	87.50	2	12.50
3	15	93.75	1	6.25

จากตารางที่ 1 พบว่า วงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีผู้ผ่านเกณฑ์มโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 9 คน คิดเป็นร้อยละ 56.25 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดและมีผู้ไม่ผ่าน

เกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 7 คน คิดเป็นร้อยละ 43.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดวงจรรอบปฏิบัติการที่ 2 มีผู้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 14 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดและมีผู้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 2 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 มีผู้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 15 คน คิดเป็นร้อยละ 93.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดและมีผู้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.25 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

จากข้อมูลเกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1

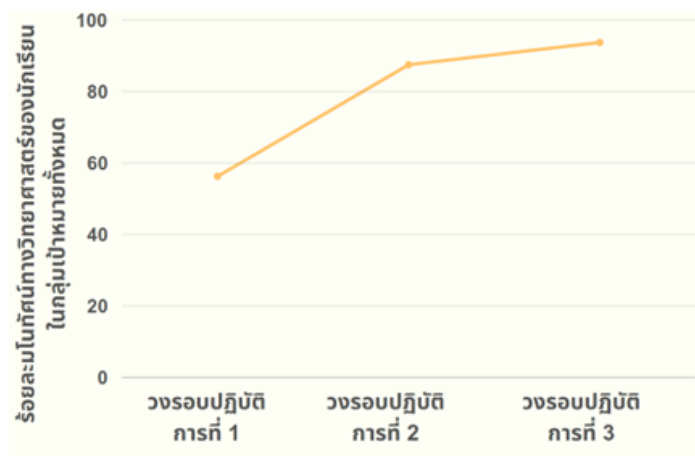
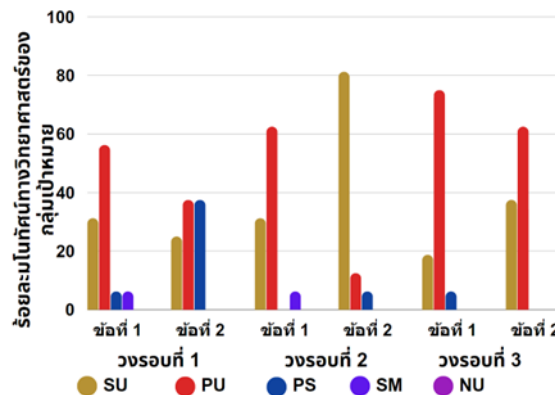


Figure 1 ร้อยละผู้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มเป้าหมาย

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีระดับมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปในวงจรรอบปฏิบัติการที่ 1 วงจรรอบปฏิบัติการที่ 2 และวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 สูงขึ้นตามลำดับ

2. ผลการศึกษามาตรฐานทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ภายหลังการจัดการเรียนรู้ในทุกวงจรรอบปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรรอบปฏิบัติการ ดังนี้ วงจรรอบปฏิบัติการที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย จำนวน 2 ข้อ วงจรรอบปฏิบัติการที่ 2 การเตรียมสารละลาย จำนวน 2 ข้อ และวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย จำนวน 2 ข้อ ดังภาพที่ 2



หมายเหตุ SU หมายถึง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ PU หมายถึง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS หมายถึง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง SM หมายถึง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน NU หมายถึง เข้าใจผิด

Figure 2 ร้อยละระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงรอบปฏิบัติการ

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า วงรอบปฏิบัติการที่ 1 ในข้อที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 56.25 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และในข้อที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง (PS) คิดเป็นร้อยละ 37.50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ในข้อที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และในข้อที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 81.25 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 ในข้อที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และในข้อที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 62.50



ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีระดับโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

อภิปรายผลการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อน-ความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับโมทัศน์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 15 คน จากนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 16 คน คิดเป็นร้อยละ 93.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และเมื่อพิจารณาในแต่ละวงรอบปฏิบัติการพบว่า

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีผู้ผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 9 คน คิดเป็นร้อยละ 56.25 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อาจเป็นผลเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่อาศัยการใช้สื่อเทคโนโลยีอธิบายแนวคิดผ่านแบบจำลองต่อสถานการณ์ศึกษา (Boonrod, 2014 อ้างอิงจาก Rickey and Stacy, 2000) ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระในระดับนามธรรมไปสู่รูปธรรม (Carillo, Lod and Rickey, 2005) และการเพิ่มสถานการณ์ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเบื้องต้นกับประสบการณ์เดิมได้ นำไปสู่การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนลดลง (Khemthong et al, 2017) สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 7 คน คิดเป็นร้อยละ 43.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อาจเกิดจากปัจจัยสำคัญไม่ว่าจะเป็นการมีส่วนร่วมในการตอบคำถามน้อย ไม่ผนวกชุดการทดลองในกิจกรรม (Mottox, Reisner and Rickey, 2006) เวลาที่จำกัด และกิจกรรมกลุ่มที่ไม่ละความสามารถ (Tien Rickey and Stacy, 1999) ทำให้ผู้เรียนกลุ่มเป้าหมายไม่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมมากตามสมควร และขาดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง นำไปสู่สาเหตุการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อน

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีผู้ผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 5 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อาจเป็นผลเนื่องจากการเรียนรู้ที่ผนวกชุดการทดลองและการกำหนดหน้าที่กับสมาชิกในกลุ่มชัดเจน ที่ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ก่อให้เกิดการวิเคราะห์ข้อมูลกับหลักการที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนสร้างแนวคิดตามหลักการที่ถูกต้องมากกว่าการจัดการเรียนรู้ปกติ (Carillo, Lod and Rickey, 2005) และการเพิ่มสถานการณ์ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่ (Phromrit, 2019) นำไปสู่การเกิดความเข้าใจในแนวคิดต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษามากขึ้น สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อาจเกิดจากปัจจัยที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นการขาดทักษะการคิดผ่านการศึกษา



ค้นคว้าและการทำงานตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงขาดการสะท้อนความคิด นำไปสู่การเกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ลดลง (Carillo, Lee and Rickey, 2005) ทำให้มีผลต่อการพัฒนามโนทัศน์ผู้เรียนไม่มากตามสมควร

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 มีผู้ผ่านเกณฑ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ขึ้นไปทั้งสิ้น 1 คน คิดเป็นร้อยละ 93.75 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อาจเป็นผลเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการ ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง เพื่อให้ได้มาเป็นข้อสรุป โดยใช้แบบจำลองแทนแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ศึกษาที่เป็นนามธรรมออกมาเป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรม นำไปสู่การแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างกลุ่มเพื่อให้ได้ข้อสะท้อนความคิดที่หลากหลาย ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายได้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (Tien, Teichert and Rickey, 1999) และการยกตัวอย่างสถานการณ์ศึกษาที่ใกล้เคียงกับประสบการณ์เดิม ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลได้รับมาคาดคะเนกับสถานการณ์ที่ศึกษาใหม่ได้ดียิ่งขึ้น (Mottox, Reisner and Rickey, 2006) สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.25 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อาจเกิดจากปัจจัยที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่มากตามสมควร ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนต่อสถานการณ์ที่ศึกษา (Moutinho et al., 2017) พร้อมกับเนื้อหาสาระที่ค่อนข้างยาก ซึ่งเป็นผลให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลที่ได้รับลดลง นำไปสู่การพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ลดลง (Kessingh, 2019)

ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียน 1 คนไม่ผ่านเกณฑ์ เกิดมาจากหลายปัจจัยสำคัญ ทั้งสภาพแวดล้อมของบุคคลที่ไม่ให้ความร่วมมือและกระตือรือร้นในกิจกรรม การวัดและประเมินผลที่ไม่เหมาะสมกับบริบท เช่น กำหนดสถานการณ์ศึกษาไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน (Gilbert, 2005) และการดำเนินกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ที่ไม่มีสื่อภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ จึงไม่เกิดการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน จากข้อมูลดังกล่าว ซึ่งสามารถสรุปประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 2 ประเด็นคือ 1) ความเข้าใจของผู้สอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ไม่มากพอ 2) ความตั้งใจของตัวผู้เรียนเอง

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เป็นผลจากการจัดกิจกรรมเรียนรู้ที่หาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องต่อสถานการณ์ที่ศึกษา โดยอาศัยกระบวนการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) ที่เน้นผนวกชุดการทดลองและสื่อออนไลน์ร่วมกับกิจกรรม กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มชัดเจน จึงทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น เกิดการเชื่อมโยงความรู้ต่อสถานการณ์ศึกษา จากแนวคิดที่เป็น



นามธรรมไปสู่รูปธรรมได้ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในทิศทางวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชญา เข้มทอง, ปราณอม ขาวเมฆ และทองใบ สุขประเสริฐชัย (Khemthong et al, 2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อน-อธิบายร่วมกับเทคโนโลยีออกเมนต์ เติตเรียลริตี้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 30.88 หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องร้อยละ 60.00

2. ศึกษาโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง แต่ละวงรอบปฏิบัติการจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งนักเรียนทุกคนอยู่สูงกว่าเกณฑ์ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) ทุกคน วัดผลจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ข้อที่ 1 นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) 5 คน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) 9 คน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง (PS) 1 คน และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) 1 คน และข้อที่ 2 นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) 4 คน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) 6 คน และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง (PS) 6 คน

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) ซึ่งนักเรียนทุกคนอยู่สูงกว่าเกณฑ์ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) ทุกคน วัดผลจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย ข้อที่ 1 นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) 5 คน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) 10 คน และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) 1 คน และข้อที่ 2 นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) 13 คน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) 2 คน และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง (PS) 1 คน

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งมีระดับลดลงจากวงรอบที่ 2 แต่นักเรียนทุกคนอยู่สูงกว่าเกณฑ์ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วนคลาดเคลื่อนบางอย่าง (PS) ทุกคน นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ลดลง เนื่องจากเนื้อหาสาระการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 เป็นเนื้อหาที่ยาก ทำให้ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ลดลงจากวงรอบปฏิบัติการที่ 2 วัดผลจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ข้อที่ 1 นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) 3 คน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) 12 คน และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน คลาดเคลื่อนบางอย่าง



(PS) 1 คน และข้อที่ 2 นักเรียนมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) 6 คน และมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) 10 คน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป
 - 1.1 เวลาในการดำเนินกิจกรรมในแผนการเรียนรู้ที่ 1-3 ควรมีการวางแผนจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่ดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ
 - 1.2 ผู้สอนต้องอธิบายเนื้อหาอย่างละเอียด ไม่กระชับจนเกินไป
 - 1.3 ควรมีการนำสถานการณ์ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและบริบทของนักเรียนมากที่สุด
 - 1.4 ควรมีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติเป็นภาพเคลื่อนไหวในขั้นตอนสะท้อนความคิด
 - 1.5 ผู้สอนต้องกำหนดบทบาทการใช้สมาร์ทโฟนในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยให้ใช้สื่อออนไลน์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองน้อยที่สุด เช่น TikTok และ Instagram เป็นต้น
2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป
 - 2.1 ควรมีการนำแอปพลิเคชันที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมปัจจุบัน
 - 2.2 ควรมีการนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ไปใช้กับรายวิชาที่ต้องอาศัยความเข้าใจที่มีต่อองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่สังเกตในระดับมหภาคและจุลภาค ผ่านสัญลักษณ์ที่แสดงออกเป็นรูปธรรมได้ เช่น รายวิชาชีววิทยา และโลกดาราศาสตร์ เป็นต้น

References

- Boonrod, J. (2014). *EFFECT OF SCIENCE INSTRUCTION USING MODEL ON SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY OF FLOER SECONDARY SCHOOL STUDENTS*. Master's thesis: Chulalongkorn University.
- Caeillo, C., Lee, C., & Reicky, D. (2005). Enhancing science teaching by doing : A framework to guide chemistry student's thinking in the laboratory. *National Science Teachers Association*, 72(7), 60-64.
- Elliott, S., Kratochwill, T., Littlefield Cook, J., & Travers, J. (2000). *Effective teaching, effective learning* (3rd ed). Boston: McGraw-Hill College.
- Gilbert, J. (2005). *Visualization in science education*. Netherlands: springer.



- Gilbert, J., Boulter, C., & Elmer, R. (2000). *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers: Printed in the Netherlands.
- Haidar. (1997). Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of the Conservation of Matter and Related Concepts. *journal of research in science teaching*, 171-197.
- Johnstone, A. H. (1993). *Starter projects for sixth year studies*. Glasgow: Centre for Science Education.
- Kantho, T. (2020). *Applying three levels of thinking with animation to develop secondary school students' scientific conceptual understanding of the separation of substance*. Master's thesis: Chiang Mai University.
- Ketsing, J. (2019). *Science classroom action research: A learning pathway for improving you*. Master's thesis: Kasetsart University.
- Khemthong, P., Khaomek, P., & Sukprasertchai, T. (2017). The Development of Matthayomsuksa 4th 's Scientific Concepts on Covalent Bond Using Model Observe-Reflect-Explain (MORE) with Augmented Reality Technologies (AR). *Nation Academic conference*. Khon Kaen: University.
- Mattox, A., Reisner, B., & Rickey, D. (2006). What happens when chemical compounds are added to water? An introduction to the Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) Thinking. *Journal of Chemical Education*, 84(4), 622-624.
- Meesuwan, W. (2011). Learning by creating a virtual world combining the real world. *Journal of Naresuan University*. 13(2), 119-127.
- Moutinho, s., Moura, R., & Vasconcelos, C. (2017). Contributions if model-based learning to the restructuring of graduation students' mental on natural hazards. *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(7), 3043-3068.
- Office of the Basic Education Commission. (2008). *Basic Education Core Curriculum 2008*. Bangkok: Agricultural Cooperatives Association of Thailand Printing Company Limited.
- Office of the National Education Commission Office of the Prime Minister. (2002). *National Education Act 1999 and amendments (No. 2) 2002*. Bangkok: Phrik Wan Graphic Company Limited.
- Promrit, S. (2019). Understanding scientific concepts. Titration matters For Mathayom 5 students, learning is organized by modeling observation-reflection-explanation. together with explaining three levels of chemical phenomena. *Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(2), 83-96.
- Tien, T., Ricky, D., & Stacy, M. (2017). The MORE Thinking Frame: Guiding Students' Thinking in the Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 318-324.