



การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนาโนมตี เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Learning Management Using Model-Centered Instruction Sequence (MCIS)
for Developing 9th Grade Students' Conceptual Understandings
in Light and Optical Instruments

ณัฐยา ลิ้มวัฒนา* และธิติยา บงกชเพชร

Nattaya Limwattana* and Thitiya Bongkotphet

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author, e-mail: limwattana.nat@gmail.com

(Received: Jun 22, 2021; Revised: Sep 4, 2021; Accepted: Sep 8, 2021)

บทคัดย่อ

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้แนวคิดที่ซับซ้อนในเรื่องอื่นๆ ทางวิทยาศาสตร์ แต่การจัดการเรียนรู้รูปแบบเดิมไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS และศึกษาการพัฒนาโนมตี เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจร มีผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดโนมตี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและสถิติพื้นฐาน ผลการศึกษาพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พัฒนาโนมตีของนักเรียนผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองเป็นลำดับขั้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยการสืบเสาะหาความรู้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และสถานการณ์จำลองที่มีลักษณะเป็นการทดลองเสมือนจริงในรูปแบบแอปพลิเคชัน ซึ่งนักเรียนมีโนมตีทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์เกี่ยวกับเรื่อง การสะท้อนกลับหมดมากที่สุด รองลงมา คือ การสะท้อนของแสง การกระจายแสงของแสงขาว การเกิดภาพ จากเลนส์ การหักเหของแสง การเกิดภาพจากกระจกเงา และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ ตามลำดับ จากผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาที่มีลักษณะเช่นเดียวกันเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ อันจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในแนวคิดขั้นสูง และสามารถพัฒนาความคิดระดับสูงต่อไปได้

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS มโนมตี แสงและทัศนอุปกรณ์

Abstract

The scientific method about light and optical instruments is essential for complex learning in science education while the old learning systems are incapable to help students reach their potential for thinking process. Thus, this research aims to study learning methods using Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) and to study the development of students' conceptual understanding in light and optical instruments after providing learning management system using MCIS. The experiment was conducted by using action research process with three cycle systems. The research participants were 40 9th grade students in the first semester of Academic Year. The tools used in the study were learning management system project plan, classroom behavior observation form, student recording of learning activities, and concept evaluation methods. After finishing the instruction period, the students were assessed. Data assessment was examined by using qualitative content analysis and basic statistics. The

studies found that learning management system using MCIS could help improve conceptual understanding in the students through continuously creating and adapting lab simulations step by step for their learning. Collecting knowledge was applied from empirical evidence and simulations was used by virtual labs in media and application form. The findings found that after obtaining learning management system using MCIS, the students having Sound understanding in total reflection was the largest number, following with reflection, dispersion of light, image formation by lenses, refraction, image formation by mirrors, image formation by optical instruments respectively. The results from this study can be used for methods in designing and developing educational learning systems having the same contents to promote students' sound understanding in science which can lead students to understand higher order thinking and develop their thinking process for the next higher level.

Keywords: Model-Centered Instruction Sequence (MCIS), Concepts, Light and optical instruments

บทนำ

มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยพื้นฐานจากความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน มโนคติ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ เป็นมโนคติหนึ่งที่อยู่ในมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการสร้างความรู้หรือความเข้าใจในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว แต่จากการศึกษาของนักวิจัย (Kaewkhong *et al.*, 2010; Pechpong, 2014; Sangpradit, 2015) พบว่า นักเรียนมีมโนคติเกี่ยวกับเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ คลาดเคลื่อนจากมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เช่น แสงเดินทางได้ไกลเท่าที่ตาของผู้สังเกตเห็น เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดเงาของวัตถุบนกระจก การมองเห็นตำแหน่งของปลาในสระน้ำจะมองเห็นปลาอยู่ลึกกว่าความเป็นจริง เป็นต้น และจากการสำรวจนักเรียนในโรงเรียนที่ผู้ศึกษาได้ปฏิบัติการสอนอยู่ โดยใช้เกณฑ์การแบ่งกลุ่มคำตอบตามรูปแบบของ Simpson & Marek (1998) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนมากที่สุด และไม่พบนักเรียนที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์เลย เช่น การเกิดภาพของกระจกเงาราบ ภาพที่เกิดขึ้นนั้นอยู่บนกระจก ถ้าหากแสงสามารถเดินทางผ่านตัวกลางโปร่งใสหรือตัวกลางโปร่งแสงได้จะทำให้เกิดการหักเหของแสงได้ทุกกรณี เป็นต้น ซึ่งมโนคติที่คลาดเคลื่อนดังกล่าว เป็นมโนติย่อยของมโนคติเรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงาและเลนส์ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ได้อย่างถูกต้อง โดยมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการเกิดภาพจากเลนส์เกิดจากสมบัติการสะท้อนเช่นเดียวกับกระจก ดังนั้นนักเรียนจึงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการการทำงานของทัศนอุปกรณ์ตามไปด้วย

จากการศึกษาสาเหตุของมโนคติที่คลาดเคลื่อนดังกล่าว พบว่าเป็นผลมาจากธรรมชาติเนื้อหาของเรื่องแสงที่มีลักษณะเป็นแนวคิดเชิงนามธรรม ซึ่งต้องอาศัยจินตนาการของนักเรียนในการเรียนรู้ และมีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ (Sangpradit, 2015; Widiyatmoko & Shimizu, 2018) ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ควรใช้สถานการณ์มากระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ (Suchairut, 2015) เพื่อนำไปสู่การค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Aniwatanawong, 2019; Campbell *et al.*, 2012; Khanoie, 2019) โดยใช้กิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือมโนคติเดิมที่มีอยู่แล้วเข้ากับมโนคติใหม่ที่ได้รับ (Kanamuang & Jantrasee, 2018) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวทางดังกล่าว (Wade-Jaimes *et al.*, 2018)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงพัฒนามาจากการสืบสอบแนวทางการเรียนการสอนการสร้างแบบจำลอง (EIMA) ของ Schwarz และ Gwekwerere และการสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry) ของ White and Schawrz เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้าง การประเมิน และการสื่อสารความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Baek *et al.*, 2011) การจัดการเรียนรู้โดยวิธีดังกล่าวเน้นการปฏิบัติ การสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้วาทกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบความคิดและการใช้เหตุผลในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการพูดหรือเขียน และในงานวิจัยที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดย



ใช้ MCIS ที่ผ่านมา พบว่า การใช้แบบจำลองเพื่อพัฒนานิเวศทางวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่แตกต่างกัน ซึ่งการใช้แบบจำลองในลักษณะข้อความโมเดลเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการพัฒนาและตรวจสอบนิเวศทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Najang, 2011) และกิจกรรมการทดลองในชั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถก่อให้เกิดการพัฒนานิเวศทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ได้ (Prapthanwit, 2017) ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเลือกใช้แบบจำลองในลักษณะภาพวาดควบคู่กับข้อความโมเดลเพื่อการพัฒนาและตรวจสอบนิเวศทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และใช้สถานการณ์จำลองที่มีลักษณะเป็นการทดลองเสมือนจริงในรูปแบบของแอปพลิเคชันเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองและขยายแนวคิดของนักเรียนเพิ่มเติมจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ รวมทั้งกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้น (Chatwan, 2018)

จากสภาพปัญหาและแนวคิดดังกล่าวข้างต้นพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีนิเวศเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ให้ถูกต้องตามหลักแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ อันจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาคำรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างเต็มตามศักยภาพสอดคล้องตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร จึงได้ทำการศึกษาขึ้นดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนานิเวศ เรื่อง แสงและ ทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อพัฒนานิเวศ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis (Kemmis, 1996 as cited in Kijkuakul, 2014) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ วางแผน (Plan) ปฏิบัติ (Action) สังเกต (Observe) และสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect)

ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากห้องเรียนที่ผู้ศึกษาได้ปฏิบัติการสอนอยู่

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน จำนวน 1 ท่านซึ่งเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และที่มีประสบการณ์สอนในเนื้อหาไม่น้อยกว่า 10 ปี โดยมีรายละเอียดการสร้างเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 3 แผน ได้แก่ เรื่องที่ 1 การสะท้อนของแสง เรื่องที่ 2 การหักเหของแสง และเรื่องที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ ใช้เวลาจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ละ 4 ชั่วโมง โดยใช้ขั้นตอนการสอนตาม Baek *et al.* (2011) ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (2) การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (3) การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (4) การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (5) การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (6) การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (7) การประเมินโดยเพื่อน (8) การลงมติแบบจำลองที่สร้าง (9) การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 และผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุดทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัยได้

ตารางที่ 1 รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เรื่อง	กิจกรรมสำรวจ	สถานการณ์จำลอง	แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น
1	การสะท้อนของแสง	ลักษณะการสะท้อนแสง, ลักษณะภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสง	แอปพลิเคชัน การสะท้อนของแสง จาก สสวท. และคลิปปิโต	แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดและข้อความโมเดล
2	การหักเหของแสง	ลักษณะการหักเหของแสง, ลักษณะการกระจายแสงของแสงขาว	แอปพลิเคชัน PhET Simulations เว็บไซต์ JavaLab และคลิปปิโต	แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดและข้อความโมเดล
3	ทัศนอุปกรณ์	ลักษณะการหักเหของแสงผ่านเลนส์, ลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์นูน	แอปพลิเคชัน Ray Optics เว็บไซต์ The Physics Classroom และคลิปปิโต	แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดและข้อความโมเดล

2. แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของครูและนักเรียนในช่วงเวลาที่ทำเนิการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่ผู้สังเกตจะต้องเขียนตอบในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะดำเนินการสอน สภาพปัญหา และแนวทางแก้ไข มีผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด โดยผู้ที่ทำการบันทึกข้อมูลคือ ครูผู้สอน (ผู้ศึกษา) ทำการบันทึกข้อมูล หลังดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบแผนการจัดการเรียนรู้ และผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนที่ผู้ศึกษาปฏิบัติการสอนอยู่ โดยจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลขณะที่ผู้ศึกษากำลังดำเนินการสอนอยู่ในชั้นเรียน

3. แบบบันทึกกิจกรรม ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละวงจรการปฏิบัติเพื่อสะท้อนถึงการพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้บันทึกข้อมูลด้วยตนเองในขณะทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแบบบันทึกกิจกรรมนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด

4. แบบวัดมโนคติ ใช้ในการวัดมโนคติของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือแบบวัดมโนติก่อนเรียน จำนวน 14 ข้อ และแบบวัดมโนติหลังเรียน จำนวน 14 ข้อ ซึ่งข้อคำถามในแบบวัดทั้ง 2 ชุด มีลักษณะเป็นคำถามแบบคู่ขนานกัน โดยคำถามแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา มีคำตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งสร้างจากมโนคติที่ถูกต้องและมโนคติที่คลาดเคลื่อนจากการศึกษางานวิจัยและประสบการณ์สอนในชั้นเรียนของศึกษาเอง และส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 เป็นแบบเขียนตอบอธิบายเหตุผล ซึ่งผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไปจึงจะนำไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัยได้ โดยผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้เพิ่มเติมรายละเอียดข้อมูลลงในข้อคำถาม และปรับคำถามในบางข้อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ซึ่งได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะดังกล่าวและนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้กับผู้ร่วมวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ร่วมกับการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) มีรายละเอียดดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้จากการบันทึกของผู้ศึกษาและผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมสังเกตขณะดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการมาทำการวิเคราะห์จัดกลุ่ม หาความสัมพันธ์และสรุปออกมาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและนักเรียนในชั้นเรียน

2. รวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดมโนคติ มาทำการวิเคราะห์จัดกลุ่มคำตอบ จำแนกออกเป็นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามรูปแบบของ Simpson & Marek (1998) ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

2.1 กลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound understanding: SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนคติได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2.2 กลุ่มที่มีนิมิตทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามนิมิตทางวิทยาศาสตร์ โดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

2.3 กลุ่มที่มีนิมิตทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีนิมิตทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial understanding with a Specific misconception: PU&SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามนิมิตทางวิทยาศาสตร์

2.4 กลุ่มที่มีนิมิตทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามนิมิตทางวิทยาศาสตร์

2.5 กลุ่มที่ไม่มีนิมิต (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด และไม่มีอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามนิมิตทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

ผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนานิมิต เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ใหม่ที่ใกล้ตัว ซึ่งมักถูกมองข้าม และอยู่ในความสนใจของนักเรียน เช่น ภาพถ่ายจากกล้องด้านหน้าของโทรศัพท์มือถือ โดยสถานการณ์ในรูปแบบของวิดีโอจะช่วยให้ให้นักเรียนมองเห็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนและครอบคลุมสำหรับใช้สร้างแบบจำลองในลักษณะภาพวาด นอกจากนี้หากสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการทำกิจกรรมเป็นเรื่องซับซ้อน “ควรมีการกำหนดรายละเอียดสำคัญเพิ่มเติมให้ ซึ่งคำอธิบายดังกล่าวต้องไม่สื่อถึงนิมิตที่ครูต้องการวัด” (ผู้เชี่ยวชาญ, สังกัดเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2563)

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น “ครูควรจัดให้มีการให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ” (ผู้เชี่ยวชาญ, สังกัดเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2563) เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสำหรับการใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามแนวทางที่ถูกต้องแก่นักเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ในขั้นตอนนี้ จะใช้กระบวนการเรียนรู้แบบกลุ่ม โดยครูควรเลือกใช้กิจกรรมที่มีลักษณะเป็นการทดลองซึ่งจำลองการเกิดปรากฏการณ์ที่เห็นผลชัดเจนตามทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องแสง ครูควรแจ้งจุดประสงค์ วิธีการทำกิจกรรม และแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเอง เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วางแผนและออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่ง “การกำหนดจุดประสงค์ไว้ก่อนล่วงหน้าจะช่วยให้ นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการทดลองได้ง่ายขึ้น” (ผู้เชี่ยวชาญ, สังกัดเมื่อวันที่ 4 กันยายน 2563) และได้หลักฐานเชิงประจักษ์ถูกต้องชัดเจนตามทฤษฎี อันจะทำให้นักเรียนเกิดนิมิตที่ถูกต้องในเรื่องที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ครูควรสรุปความรู้ที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 ร่วมกับนักเรียนก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนนี้ โดยใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่ได้รับกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นการขยายความรู้เดิมของนักเรียนผ่านการศึกษาแบบจำลองในรูปแบบกราฟิก โดยสถานการณ์จำลองที่เหมาะสมกับเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ควรอยู่ในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริงที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง สถานการณ์จำลองในรูปแบบของแอปพลิเคชันสะดวกต่อการใช้งานมากที่สุด “หากใช้สถานการณ์จำลองควบคู่กับการจัดกิจกรรมที่มีลักษณะแข่งขันจะทำให้ นักเรียนเกิดแรงผลักดันที่จะเรียนรู้ และกระตือรือร้นในการเรียนมากยิ่งขึ้น” (ผู้เชี่ยวชาญ, สังกัดเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2563) นอกจากนี้ หากนำคลิปวิดีโอมาช่วยขยายประเด็นที่สถานการณ์จำลองไม่สามารถอธิบายได้ จะช่วยขยายขอบเขตการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากบางสถานการณ์นักเรียนบางคนไม่เคยพบเจอในชีวิตประจำวัน อีกทั้งช่วยลดระยะเวลาในการทำกิจกรรมได้

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ครูควรสรุปความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 และใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ โดยข้อคำถามควรมีลักษณะเน้นให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นว่ามีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับนิมิตที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน ในขั้นนี้พบว่า “ความสัมพันธ์อันดีระหว่างเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่มส่งผลต่อการทำกิจกรรมเป็นอย่างมาก” (ผู้เชี่ยวชาญ, สังกัดเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2563) โดยจะส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และสามารถประเมินแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง โดยครูใช้คำถามชักนำให้นักเรียนทุกคนเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม และเปรียบเทียบกับมโนคติในเรื่องนั้น ๆ ว่ามีความถูกต้องสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร จากนั้นนำข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันมาสร้างเป็นแบบจำลองของชั้นเรียนเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดไว้ในตอนต้น

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย ครูควรใช้สถานการณ์ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ในขั้นตอนที่ 1 หากใช้สถานการณ์ที่มีความซับซ้อนหรือจำเป็นต้องประยุกต์ใช้ความรู้ ควรให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง หรือ “จัดกิจกรรมในขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 5 ให้มีรายละเอียดเนื้อหาจำเป็นเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในขั้นตอนนี้” (ผู้เขียนชาญ, สังเกตเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2563)

2. ผลการพัฒนามโนคติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS โดยผลการศึกษามโนติก่อน-หลังเรียนได้มาจากแบบวัดมโนคติ และผลการศึกษาระหว่างเรียนได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษามโนติก่อน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

มโนคติ		ร้อยละของนักเรียน				
		จำแนกตามความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์				
		SU	PU	PU&SM	SM	NU
การสะท้อนของแสง	ก่อนเรียน	0.00	15.00	30.00	30.00	25.00
	ระหว่างเรียน	12.50	57.50	30.00	0.00	0.00
	หลังเรียน	30.00	42.50	25.00	0.00	2.50
การเกิดภาพจากกระจกเงา	ก่อนเรียน	0.00	0.00	30.00	10.00	60.00
	ระหว่างเรียน	12.50	72.50	15.00	0.00	0.00
	หลังเรียน	2.50	50.00	35.00	7.50	5.00
การหักเหของแสง	ก่อนเรียน	0.00	0.00	15.00	0.00	85.00
	ระหว่างเรียน	57.50	37.50	0.00	5.00	0.00
	หลังเรียน	20.00	57.50	15.00	5.00	2.50
การสะท้อนกลับหมด	ก่อนเรียน	0.00	0.00	2.50	10.00	87.50
	ระหว่างเรียน	40.00	50.00	10.00	0.00	0.00
	หลังเรียน	40.00	37.50	17.50	0.00	5.00
การกระจายแสงของแสงขาว	ก่อนเรียน	0.00	0.00	15.00	25.00	60.00
	ระหว่างเรียน	40.00	35.00	17.50	7.50	0.00
	หลังเรียน	25.00	52.50	12.50	7.50	2.50
การเกิดภาพจากเลนส์	ก่อนเรียน	0.00	20.00	5.00	15.00	60.00
	ระหว่างเรียน	52.50	37.50	10.00	0.00	0.00
	หลังเรียน	25.00	30.00	25.00	20.00	0.00
การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์	ก่อนเรียน	0.00	0.00	0.00	30.00	70.00
	ระหว่างเรียน	15.00	60.00	10.00	15.00	0.00
	หลังเรียน	0.00	65.00	22.50	7.50	5.00

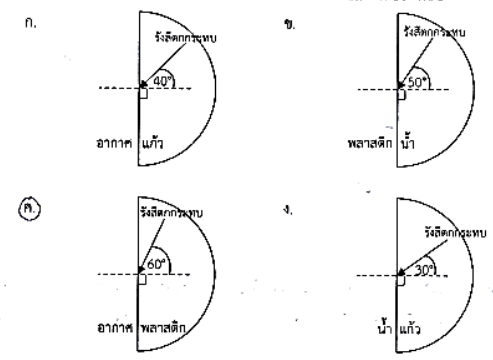
จากตารางที่ 2 พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) เลย แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แล้ว จากผลการศึกษาระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการพบว่า นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มากที่สุด เรื่อง การหักเหของแสง (ร้อยละ 57.50) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงา (ร้อยละ 72.50) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) มากที่สุด เรื่อง การสะท้อนของแสง (ร้อยละ 30.00) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) มากที่สุด เรื่อง การเกิดภาพของทัศน

อุปกรณ์ (ร้อยละ 15.00) และไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีโนมิตี (NU) เลย

และจากผลการศึกษานโนมิตีภายหลังจากจบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มากที่สุด เรื่อง การสะท้อนกลับหมด (ร้อยละ 40.00) ดังตัวอย่างลักษณะคำตอบในภาพที่ 1 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด เรื่อง การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ (ร้อยละ 65.00) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) มากที่สุด เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงา (ร้อยละ 35.00) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (SM) มากที่สุด เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์ (ร้อยละ 20.00) และจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีโนมิตี (NU) มากที่สุด เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงา การสะท้อนกลับหมด และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ (ร้อยละ 5.00)

คำถามข้อที่ 7 ภาพใดต่อไปนี้จะสามารถเกิดการสะท้อนกลับหมดได้ หากมุมวิกฤตมีขนาดเท่ากับ 45°

เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00×10^8 m/s
 อัตราเร็วของแสงในน้ำ = 2.26×10^8 m/s
 อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส = 2.00×10^8 m/s
 อัตราเร็วของแสงในแก้ว = 1.97×10^8 m/s



ก. ข. ค. ง.

เหตุผล

ถ้า $n_1 < n_2$ และมุมตกกระทบ θ_i จะเกิดหักเหเข้าหาเส้นตั้งฉากเสมอ แต่ถ้า $n_1 > n_2$ และมุมตกกระทบ θ_i จะเกิดหักเหออกจากเส้นตั้งฉากเสมอ และเมื่อมุมตกกระทบ θ_i มีค่ามากกว่ามุมวิกฤต θ_c จะเกิดการสะท้อนกลับหมด

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การพิจารณา	เกณฑ์การประเมินโนมิตีทางวิทยาศาสตร์
ส่วนที่ 1 ค.	กลุ่มที่มีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)
ส่วนที่ 2 มีค่าสำคัญในการพิจารณา (K) ดังนี้	คำตอบส่วนที่ 1: ถูกต้อง
K1 แสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วช้ากว่า/มีความหนาแน่นมากกว่า	คำตอบส่วนที่ 2: อธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละโนมิตีได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ คือ มี K1 และ K2 และ K3
K2 ไปยังตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วมากกว่า/มีความหนาแน่นน้อยกว่า	
K3 มุมตกกระทบมีขนาดมากกว่ามุมวิกฤต	

ภาพที่ 1 ลักษณะคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โนมิตีการสะท้อนกลับหมด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถช่วยพัฒนานโนมิตี เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนได้ ด้วยกระบวนการดังนี้

นักเรียนถูกกระตุ้นให้เกิดความสงสัยโดยสถานการณ์ที่ใกล้ตัว มักถามสงสัย และอยู่ในความสนใจของนักเรียน (Suchairut, 2015) ส่งผลให้เกิดความกระตือรือร้นที่จะศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ โดยเริ่มจากสร้างสมมติฐานเพื่ออธิบายสถานการณ์ดังกล่าวผ่านแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคล ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพวาดรวมกับการอธิบายโดยใช้ข้อความโนมิตี และสถานการณ์ในรูปแบบของวิดีโอจะช่วยให้ นักเรียนมองเห็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนครอบคลุมต่อการใช้สร้างแบบจำลองมากที่สุด

สมมติฐานที่นักเรียนสร้างขึ้นจะถูกแลกเปลี่ยนกับเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่มย่อย ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันของสมาชิกระหว่างกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สอดคล้องกับ Khaemmani (2014) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้แบบกลุ่มช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยนักเรียนจะเกิดมโนมิตีจากการสืบเสาะหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วย

ตนเองจากหลักฐานเชิงประจักษ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pechpong (2014) ที่พบว่า ภายหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้นักเรียนมีโน้มน้าทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยกิจกรรมสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ที่ก่อให้เกิดมโนคติ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ มีลักษณะเป็นการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงที่ได้ผลชัดเจนตามทฤษฎี

ภายหลังจากสืบเสาะหาความรู้จากหลักฐานเชิงประจักษ์แล้ว นักเรียนจะได้รับการขยายความรู้ผ่านสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้อย่างไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจน ซึ่งสถานการณ์จำลองที่เหมาะสมกับเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จะอยู่ในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริงที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เช่น PHET, Ray diagrams, Refraction เนื่องจากสถานการณ์จำลองสามารถอธิบายแนวคิดเชิงนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนผ่านกราฟิกต่าง ๆ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเกิดมโนคติที่สมบูรณ์ได้ และหากให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จะก่อให้เกิดความรู้คงทนและสามารถถ่ายทอดการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ สอดคล้องกับ Sangpradit (2015) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อ เทคโนโลยี ที่แสดงให้นักเรียนเห็นภาพและอธิบายอย่างชัดเจน และเห็นเป็นรูปธรรมได้ เช่น การใช้รูปภาพ แบบจำลองหรือแอนิเมชัน เป็นต้น จะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีโน้มน้าทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าว จะพบว่านักเรียนเกิดการผนวกรวมแนวคิดเชิงนามธรรมและรูปธรรมเข้าด้วยกัน กล่าวคือมโนคติที่นักเรียนได้รับจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์เป็นแนวคิดเชิงรูปธรรม เป็นประสบการณ์จริง แต่มโนคติที่นักเรียนได้รับจากการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมที่ต้องอาศัยสื่อมาช่วยอธิบายขยายความ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนามโนคติได้อย่างครบสมบูรณ์ และนำมโนคติที่เกิดขึ้นนั้นไปใช้ในการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยครูมีหน้าที่สำคัญในการช่วยนักเรียนสรุปความรู้ที่ได้รับ ร่วมกับการใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanamuang & Jantrasee (2018) ที่พบว่า กระบวนการประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ภายหลักรวบรวมข้อมูล ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงมโนคติโดยมีรายละเอียดเพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนการทำกิจกรรม

ในระหว่างการทำกิจกรรม พบว่า การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ระหว่างการสร้างแบบจำลอง ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เช่น ในขั้นตอนการประเมินโดยเพื่อน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การหักเหของแสง พบว่ามีนักเรียนส่วนใหญ่สร้างแบบจำลองแสดงการกระจายแสงของแสงขาวโดยมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่เมื่อผ่านการประเมินโดยเพื่อน และการอภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนทั้งชั้นเรียน พบว่านักเรียนในชั้นเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองของนักเรียนตัวแทนแต่ละกลุ่มได้ สามารถบอกได้ว่ากลุ่มไหนขาดมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดไป และจากผลการพัฒนามโนคติหลังเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถพัฒนาจากกลุ่มที่ไม่มีมโนคติมาอยู่ในกลุ่มที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนมากที่สุด สอดคล้องกับ Khaemmani (2014) ที่กล่าวว่า การอภิปรายกลุ่มย่อยช่วยให้นักเรียนกลุ่มใหญ่มีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง และเป็นวิธีสอนที่ช่วยให้นักเรียนและครูได้ข้อมูลและความคิดเห็นที่หลากหลาย ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น

จากกระบวนการดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่าการเกิดมโนคติของนักเรียนจะถูกพัฒนาขึ้นจากการสืบเสาะหาความรู้ผ่านการศึกษาแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ และนำมโนคติที่ได้รับมาใช้ในการสร้าง ปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลองของตนเองเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนามโนคติอย่างต่อเนื่องจนสมบูรณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Najang (2011) และ Praphanwit (2017) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเองหลายครั้ง ถือเป็นกระบวนการตรวจสอบความคิด ทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม เกิดความคิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น และสามารถช่วยตรวจสอบมโนคติของตนเองที่ยังไม่สมบูรณ์ได้ หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองนั้นยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะใช้หลักฐานหรือสารสนเทศใหม่ที่ได้รับมาแก้ไขแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนคติที่สมบูรณ์ในเรื่องดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยพบว่า ผลการศึกษามโนติระหว่างเรียนมีค่าสูงกว่าหลังเรียน ทั้งนี้ อาจเป็นผลจากการศึกษามโนติระหว่างเรียนนั้นได้มาจากการทำกิจกรรมขณะเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทำให้เกิดการพัฒนามโนคติได้อย่างสมบูรณ์มากกว่า ส่วนผลการศึกษามโนติหลังเรียนถูกเก็บรวบรวมภายหลังจากจบวงจรปฏิบัติแล้ว ซึ่งใช้เวลาห่างจากการทำกิจกรรมขณะเรียน ดังนั้นความคงทนในการเรียนรู้จึงอาจส่งผลต่อการศึกษานี้ได้ ในการทำวิจัยครั้งถัดไปจึงควรศึกษาประเด็นที่เกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้แบบร่วมมือ และความคงทนในการเรียนรู้ด้วย

สรุปผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนานิโมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ขั้นการประเมินโดยเพื่อน ขั้นการลงมือแบบจำลองที่สร้าง และขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย โดยแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวอาศัยการสืบเสาะหาความรู้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และสถานการณ์จำลองที่มีลักษณะเป็นการทดลองเสมือนจริงในรูปแบบแอปพลิเคชัน มาใช้พัฒนานิโมติของนักเรียนผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองเป็นลำดับขั้นอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัยที่พบว่าภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงนิโมติจากกลุ่มที่ไม่มีนิโมติ หรือกลุ่มที่มีนิโมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน มาอยู่ในกลุ่มที่มีนิโมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน และกลุ่มที่มีนิโมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ เพิ่มมากขึ้นทุกนิโมติ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้

1.1 การเตรียมการก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรม ควรให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ จัดทำสื่อสาธิตวิธีใช้งานและการดำเนินการทดลองเบื้องต้นให้นักเรียนนำไปศึกษาด้วยตนเองล่วงหน้าก่อนปฏิบัติการ พร้อมทั้งกำกับติดตามผลการศึกษาด้วยแบบทดสอบก่อนเริ่มทำกิจกรรม

1.2 รูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสม โดยสถานการณ์ที่ใช้ในกิจกรรม ควรเป็นสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียง มักถูกมองข้ามและอยู่ในความสนใจของนักเรียน หากจัดอยู่ในรูปแบบของวิดีโอช่วยให้นักเรียนมองเห็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนและครอบคลุม ถ้าสถานการณ์มีความซับซ้อน ควรมีการกำหนดรายละเอียดสำคัญเพิ่มเติมให้ และควรใช้สถานการณ์จำลองในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริง และอยู่ในลักษณะของแอปพลิเคชัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองหลายครั้งช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ ดังจะเห็นได้จากในขั้นตอนที่ 9 ที่นักเรียนสามารถนำนิโมติที่ได้รับจากการทำกิจกรรมมาใช้อธิบายสถานการณ์ให้ได้ ดังนั้นในครั้งต่อไปอาจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนาการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Aniwatanawong, P. (2019). Evaluating the impact of model-based inquiry with model-evidence link on grade 11 students' scientific explanation of electrolyte and non-electrolyte solution. *Walailak Journal of Learning Innovations*, 5(1), 65-83. (in Thai).
- Baek, H., Schwarz, C.V., Chen, J., Hokayem, H.F., & Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings. In: Khine, M. & Saleh, I. (eds), *Models and Modeling: Cognitive tools for scientific enquiry* (pp.195-218). Dordt, The Netherlands: Springer.
- Campbell, T., Oh, P.S., & Neilson, D. (2012). Discursive modes and their pedagogical functions in model-based inquiry (MBI) Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2393-2419.
- Chatwan, T. (2018). *Model-based learning integrated with augmented reality for enhancing 10th grade students' mental models in covalent bond topic*. Master's Thesis. Naresuan University. (in Thai).
- Kanamuang, N. & Jantrasee, R. (2018). Model-centered instruction sequence of evaporation on grade 10 students' scientific modeling. *Journal of Science & Science Education*, 1(1), 86-96.
- Kaewkhong, K., Mazzolini, A., Narumon Emarat, N., & Arayathanitkul, K. (2010). Thai high-school student's Misconceptions about and models of light refraction through a planar surface. *Physics Education*, 45(1), 91-107.

- Khaemmani, T. (2014). *Pedagogical science: Knowledge for effective learning process* (18th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai).
- Khanoie, T. (2019). Effect of inquiry approach embedded with peer instruction on light and vision concepts of grade 11 students. *The Golden Teak: Humanity and Social Science Journal*, 25(4), 152-162.
- Kijkuakul, S. (2014). *Learning management direction for teacher in 21st century*. Phetchabun: Juldiskarnpim. (in Thai).
- Najang, K. (2011). *Effects of using model-centered instruction sequence on ability in making scientific model and concepts of laws of motion and types of motion of upper secondary school students*. Master's Thesis. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Pechpong, S. (2014). *The effects of the 7E science inquiry learning activities integrated with the concept map in the topic of light for mathayomsuksa II students*. Master's Thesis. Naresuan University. (in Thai).
- Praphanwit, R. (2017). *The effects of a model-centered instruction sequence (MCIS) in digestive system lesson on 10th grade students' conceptual understandings and scientific reasoning*. Master's Thesis. Naresuan University. (in Thai).
- Sangpradit, T. (2015). Student alternative conceptions in physics. *Journal of Education Naresuan University*, 16(4), 202-209. (in Thai).
- Simpson, W.D. & E.A. Marek. (1998). Understanding and misunderstanding of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), 361-374.
- Suchairut, N. (2015). *Development of an instructional model based on model-based inquiry and context-based learning approaches to promote scientific reasoning and transfer of learning abilities of lower secondary school students*. Doctoral dissertation. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Wade-Jaimes, K., Demir, K. & Qureshi, A. (2018). Modeling strategies enhanced by metacognitive tools in high school physics to support student conceptual trajectories and understanding of electricity. *Science Education*, 102, 711-743.
- Widiyatmoko, A. & Shimizu, K. (2018). Literature review of factors contributing to students' misconceptions in light and optical instruments. *International Journal of Environmental & Science Education*, 13(10), 853-863.