การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ณัฏยา ลิ้มวัฒนา

การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2564

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้อุตสาห์สละเวลาอันมีค่ามาให้คำปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของการค้นคว้าอิสระด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ้ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร นางสุณีรัตน์ โฉมยงค์ และนางศิริวรรณ ทัพทวี ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ จังหวัดนครสวรรค์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้จนทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้ความร่วมมือในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโททุกท่านที่คอยให้คำชี้แนะและการช่วยเหลือ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

ณัฏยา ลิ้มวัฒนา

ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	ณัฏยา ลิ้มวัฒนา
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS มโนมติทางวิทยาศาสตร์ แสงและทัศนอุปกรณ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงเพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS และ 2) ศึกษาการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดมโนมติ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและสถิติพื้นฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พัฒนามโนมติของนักเรียนผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองเป็นลำดับขั้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยการสืบเสาะหาความรู้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และสถานการณ์จำลองที่มีลักษณะเป็นการทดลองเสมือนจริงในรูปแบบแอพพลิเคชัน 2) ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากที่สุด เรื่อง การสะท้อนกลับหมด (ร้อยละ 40.00) และจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนมากที่สุด เรื่อง การสะท้อนของแสง (ร้อยละ 42.50) การเกิดภาพจากกระจกเงา (ร้อยละ 50.00) การหักเหของแสง (ร้อยละ 57.50) การกระจายแสงของแสงขาว (ร้อยละ 52.50) การเกิดภาพจากเลนส์ (ร้อยละ 30.00) และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ (ร้อยละ 65.00)

Title	LEARNING MANAGEMENT USING MODEL-CENTERED INSTRUCTION SEQUENCE (MCIS) FOR DEVELOPING 9th GRADE STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDINGS IN LIGHT AND OPTICAL INSTRUMENTS
Author	Nattaya Limwattana
Advisor	Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D.
Academic Paper	Independent Study M.Ed. in Science Education, Naresuan University, 2020
Keywords	Model-Centered Instruction Sequence (MCIS), Scientific concepts, Light and Optical instruments

ABSTRACT

This study aims to study the methods in learning management 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 on 9th Grade students as research participants, in the first semester of Academic Year 2020 among 40 students. The tools used in the study were learning plan management based on classroom behavior observation, student recording of learning activities, and concept evaluation methods. The data analysis process was conducted by using content analysis method and statistics solution afterwards.

The study found that learning management using Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) helped develop the students' conceptual understanding through continuously creating and improving learning stimulations step by step by collecting knowledge gained through empirical evidence and providing stimulations by using virtual labs stimulating in media and application form. The findings found that after obtaining learning management using MCIS, the group of students conceptual understanding levels mostly sound understanding in scientific conception of the total reflection with 40.00 percent of the total students and the percentage of mostly partial conceptual understanding group in the reflection was 42.50, the image formation by mirrors was 50.00

, the refraction was 57.50, the dispersion of light was 52.50, the image formation by lenses was 30.00 and the image formation by optical instruments was 65.00.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษา	5
	ขอบเขตของงานวิจัย	6
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	9
	หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	10
	มโนมติ	11
	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	36
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	51
	รูปแบบของการวิจัย	51
	กลุ่มเป้าหมาย	51
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	52
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	65
	การวิเคราะห์ข้อมูล	66
4	**ผลการวิจัย**	68
	ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	68
	ตอนที่ 2 ผลการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS	91
5	**บทสรุป**	160
	สรุปผลการวิจัย	160
	อภิปรายผล	163
	ข้อเสนอแนะ	169

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

บรรณานุกรม..... 170

ภาคผนวก..... 177

ประวัติผู้วิจัย..... 247

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของ ธิดารัตน์ ขอดจันทึก..... 24

2 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนมติ ของ พิมพ์ฤทัย พึ่งตาแสง..... 25

3 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของ ลัทธวรรณ ศรีวิคำ..... 29

4 แสดงความสอดคล้องของสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และมโนมติหลัก เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์..... 53

5 แสดงกรอบในการสร้างแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์..... 61

6 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง..... 91

7 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา..... 99

8 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง..... 111

9 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด..... 118

10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว..... 125

11 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์..... 135

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

12 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์..... 143

13 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในระหว่างเรียน..... 150

14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการศึกษามโนมติก่อน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS..... 158

15 แสดงผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติก่อนเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)..... 179

16 แสดงผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)..... 180

17 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)..... 181

18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)..... 182

19 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)..... 184

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 แสดงตัวอย่างภาพเหตุการณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์ เรื่อง กัมมันตรังสีและพลังงานนิวเคลียร์..... 20
2 แสดงตัวอย่างข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี..... 20
3 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนมติ เรื่อง แสงและการมองเห็น..... 22
4 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนมติ เรื่อง ระบบนิเวศ..... 22
5 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนมติ เรื่อง นัยน์ตาและการมองเห็น..... 23
6 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด เรื่อง ไฟฟ้า..... 24
7 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด เรื่อง คลื่นกล..... 25
8 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 2 ตอน เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก..... 26
9 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก..... 27
10 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 2 ตอน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่... 27
11 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนมติ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่..... 28
12 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ..... 29
13 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การตรวจแบบวัดมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ..... 29
14 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบวัดมโนมติแบบ 3 ตอน เรื่อง แสงและการมองเห็น 31
15 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) และ ปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา..... 45
16 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน..... 93
17 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 94

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

18 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 95

19 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 96

20 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 97

21 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติ ก่อนเรียน..... 98

22 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 99

23 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 101

24 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 102

25 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 103

26 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 104

27 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 105

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

28 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 106

29 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 3 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 107

30 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 108

31 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 109

32 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 109

33 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 110

34 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 112

35 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 113

36 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน 114

37 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน 114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

38 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 115

39 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 116

40 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน.... 116

41 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 117

42 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 118

43 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 119

44 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 120

45 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 121

46 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 122

47 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 123

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

48 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 124

49 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 125

50 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 127

51 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 128

52 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 128

53 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 129

54 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 130

55 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 131

56 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 131

57 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 3 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 132

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

58 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 132

59 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 133

60 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 134

61 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 136

62 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 137

63 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 138

64 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 139

65 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 139

66 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 140

67 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 141

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

68 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 141

69 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 142

70 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 142

71 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 145

72 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 145

73 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน..... 146

74 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 147

75 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน..... 147

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
76	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 3 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน	148
77	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน	148
78	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน	149
79	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน	150
80	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1	152
81	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1	153
82	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1	154
83	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1	154
84	แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2	155

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

85 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2..... 156

86 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2..... 156

87 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 3..... 157

88 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 3..... 158

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยต้องเผชิญกับความท้าทายที่เป็นพลวัตของโลกศตวรรษที่ 21 ทั้งในส่วนที่เป็นแรงกดดันภายนอก จากกระแสโลกาภิวัตน์และความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแรงกดดันจากภายใน จากสภาวการณ์และการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างประชากร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อระบบการศึกษา ซึ่งเป็นกลไกหลักในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์อันเป็นรากฐานของการพัฒนาประเทศ ดังนั้น การจัดการศึกษาของไทยจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ วางแผนพัฒนาและเตรียมกำลังคนที่จะเข้าสู่ตลาดงานเมื่อสำเร็จการศึกษาในระดับต่างๆ ปรับหลักสูตรและวิธีการเรียนการสอนที่มีความยืดหยุ่น หลากหลาย เพื่อพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถของทรัพยากรมนุษย์ให้มีทักษะ ความรู้ความสามารถ และสมรรถนะที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงและการแข่งขันอย่างเสรีแบบไร้พรมแดนในยุคเศรษฐกิจและสังคม 4.0 (แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579, 2560)

ด้วยปัจจุบันนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับหลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้านี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในสังคมโลก ประเทศไทยก็ได้ตระหนักถึงความสำคัญนี้ ดังจะเห็นได้จากการทบทวนและปรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้นใหม่ เพื่อปรับปรุงให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในปัจจุบัน โดยหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีจุดเด่นที่สำคัญ คือ (4) เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ

เครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาด้วยวิทยาศาสตร์หรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

มโนมติ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าว จะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (Klopfer, 1971) ซึ่งมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้นเกิดขึ้นจากข้อสรุป แนวคิด หรือคำอธิบายที่ได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน โดยมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยพื้นฐานจากความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน แต่จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การเรียนรู้ของนักเรียนนั้น นักเรียนไม่ได้เริ่มต้นเรียนโดยที่สมองว่างเปล่า แต่นักเรียนมีแนวคิดหรือความรู้เดิมที่ได้จากการเรียนหรือประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับมาก่อนหน้า (Tobin et al., 1994) และจากหลายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีนักเรียนจำนวนมากที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่เรียนซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความยากลำบากในการเรียนรู้ และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่นักเรียนมีไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ได้ (ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม, 2554; วรัญญา จำปามูล, 2555; สวนีย์ เพ็ชรพงศ์, 2557; ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; พัณนิดา มิ่งมิตร, 2559)

มโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ เป็นมโนมติหนึ่งที่อยู่ในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการสร้างความรู้หรือความเข้าใจในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่อยู่รอบตัว เพราะแสงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น การมองเห็น การเกิดรุ้ง กล้องถ่ายรูป การใช้แว่นตา การใช้กระจกเพื่อประโยชน์ด้านต่างๆ เป็นต้น แต่จากงานวิจัยของธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2558) ซึ่งได้ทำการศึกษาและรวบรวมมโนมติเกี่ยวกับ เรื่อง แสง จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า

นักเรียนมีมโนมติเกี่ยวกับเรื่อง แสง คลาดเคลื่อนจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เช่น แสงเดินทางได้ไกลเท่าที่ตาของผู้สังเกตเห็น แสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดมีทิศทางรอบๆ แหล่งกำเนิดแสงในทิศทางรอบๆ ของแหล่งกำเนิด และจุดทุกจุดที่มีแสงออกมาในลักษณะขยายออก เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดเงาของวัตถุบนกระจก การมองเห็นตำแหน่งของปลาในสระน้ำ จะมองเห็นปลาอยู่ลึกกว่าความเป็นจริง เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสวนีย์ เพ็ชรพงศ์ (2557) พบว่านักเรียนในชั้นเรียนของตนเองมีปัญหาเกี่ยวกับมโนมติ เรื่อง แสง เช่น การขาดมโนมติที่ถูกต้องในเนื้อหาย่อยของหน่วยการเรียนรู้ มีผลให้ไม่สามารถเชื่อมโยงมโนมติหลักกับมโนมติย่อยได้ และส่งผลให้ไม่เข้าใจในประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่เรียน เป็นต้น และจากการศึกษาธรรมชาติเนื้อหา เรื่อง แสง ผู้วิจัย พบว่า สาเหตุของมโนมติที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวเป็นผลมาจากธรรมชาติเนื้อหาของเรื่องแสงที่มีลักษณะเป็นแนวคิดเชิงนามธรรม ซึ่งต้องอาศัยการจินตนาการจากนักเรียนในการเรียนรู้ และมีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ

นอกจากผลงานวิจัยที่กล่าวมาแล้ว จากการสำรวจมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติงานสอนอยู่ โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 18 คน ที่ผ่านการเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์มาแล้ว โดยใช้การสัมภาษณ์ที่ใช้ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ประกอบการสัมภาษณ์ และทำการจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนแต่ละคน ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1998) ผลการสำรวจพบว่า นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาคือ นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 27.78 นักเรียนไม่มีมโนมติ คิดเป็นร้อยละ 11.11 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 5.56 และไม่พบนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์เลย ตัวอย่างมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เช่น การเกิดภาพของกระจกเงาราบ นักเรียนมักเข้าใจว่าภาพที่เกิดขึ้นนั้นอยู่บนกระจกแทนที่อยู่หลังกระจก นักเรียนเข้าใจว่าถ้าหากแสงสามารถเดินทางผ่านตัวกลางโปร่งใสหรือตัวกลางโปร่งแสงได้จะทำให้เกิดการหักเหของแสงได้ทุกกรณี เป็นต้น จะพบว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนดังกล่าว เป็นพื้นฐานในการมีมโนมติเกี่ยวกับเรื่อง ทัศนอุปกรณ์ ดังนั้นจึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติเรื่องทัศนอุปกรณ์ได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนในเรื่องการสะท้อนและการหักเหของแสง จะไม่สามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ได้ ทั้งยังส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการทำงานของทัศนอุปกรณ์ได้อีกด้วย และจากสภาพปัญหาดังกล่าวทำให้ในปีการศึกษาที่ผ่านมา นักเรียนได้ผลการทดสอบท้ายบทเรียน เรื่อง แสง ใน

แต่ละครั้งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งหากนักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ในระดับที่สูงขึ้น เนื้อหามีความซับซ้อนมากกว่าเดิม นักเรียนอาจจะไม่สามารถใช้มโนมติที่มีอยู่เดิมสร้างความรู้ใหม่ที่ถูกต้องได้ เช่น เมื่อนักเรียนศึกเข้าสู่บทเรียนเรื่องเทคโนโลยีอวกาศนักเรียนจะขาดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ เป็นต้น

เมื่อวิเคราะห์ถึงลักษณะรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่ผ่านมาพบว่า การจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยายประกอบการสาธิตโดยครูผู้สอนเป็นส่วนใหญ่ และด้วยธรรมชาติเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งเป็นเนื้อหาเชิงนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นหรือจับต้องได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยจินตนาการร่วมในการเรียนรู้ หากนักเรียนไม่มีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง พวกเขาจะไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาที่ถูกต้องได้ และการที่ครูไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดของพวกเขาออกมา ครูก็จะไม่สามารถทราบถึงแนวคิดที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปนั้นถูกต้องหรือไม่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ควรใช้สถานการณ์มากระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาให้นักเรียนเกิดความสนใจ เพื่อนำไปสู่การค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือมโนมติเดิมที่มีอยู่แล้วเข้ากับมโนมติใหม่ที่ได้รับ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวทางดังกล่าว เนื่องจากเป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจำเป็นต้องมีการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารมโนมติของตนเองออกมา ส่งผลให้นักเรียนรวมทั้งผู้สอนสามารถรับรู้มโนมติที่มีได้ สามารถตรวจสอบความถูกต้องของมโนมติที่มี และสามารถนำไปใช้ปรับปรุงแก้ไขมโนมติให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ต่อไปได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงพัฒนามาจากการสืบสอบแนะแนวทางและการเรียนการสอนการสร้างแบบจำลอง (EIMA) ของ Schwarz and Gwekwerere (2007) และการสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) ของ White and Schawrz (1999) เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้าง การประเมิน และการสื่อสารความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Baek et al, 2013) การจัดการเรียนรู้โดยวิธีดังกล่าวเน้นการปฏิบัติ การสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปรายเพื่อสร้าง

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้วาทกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบความคิดและการใช้เหตุผลในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการพูดหรือเขียน และจากการศึกษางานวิจัย (โกเมศ นาแจ้ง, 2554; ภาณุ บุตรวิเศษ, 2557; รัตนาพร ประพันธ์วิทย์, 2560) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ อีกทั้งนักเรียนสามารถจัดระบบความคิด สร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหา และสามารถใช้เหตุผลในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการพูดหรือเขียนในสถานการณ์ใหม่ได้ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ยังสอดคล้องกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้ครูจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการสืบเสาะหาความรู้ และสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิดและองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ในงานวิจัยที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ที่ผ่านมาพบว่า การใช้แบบจำลองเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่แตกต่างกัน ซึ่งการใช้แบบจำลองในลักษณะข้อความมโนมติเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการพัฒนาและตรวจสอบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (โกเมศ นาแจ้ง, 2554) และกิจกรรมการทดลองในขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถก่อให้เกิดการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ได้ (รัตนาพร ประพันธ์วิทย์, 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบจำลองในลักษณะภาพวาดควบคู่กับข้อความมโนมติเพื่อการพัฒนาและตรวจสอบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และใช้สถานการณ์จำลองที่มีลักษณะเป็นการทดลองเสมือนจริงในรูปแบบของแอพพลิเคชันเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อใช้ขยายแนวคิดของนักเรียนเพิ่มเติมจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยเห็นจึงใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่ถูกต้องตามหลักแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ จึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้นมา

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครสวรรค์ โดยเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการสอน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เนื้อหารายวิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ในเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และทัศนอุปกรณ์

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

3.2 มโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

4. ระยะเวลาในการวิจัย

ทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เป็นเวลา 3 คาบ/สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 คาบ โดยจัดการสอน คาบเรียนละ 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสอนในคาบเรียนตามวันเวลาเรียนปกติของนักเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **มโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์** หมายถึง ความคิดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ อันเกิดจากการได้รับประสบการณ์จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) โดยวัดจากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบ 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา มีคำตอบ 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 เป็นแบบเขียนตอบอธิบายเหตุผล และทำการจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียน ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1998) ดังนี้

1.1 กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound understanding: SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

1.2 กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

1.3 กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial understanding with a Specific misconception: PU&SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1.4 กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1.5 กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

2. **การจัดการเรียนรู้โดยใช้** MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยเน้นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ อันเกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต และการอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นรายบุคคลที่แสดงการคิดสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองเบื้องต้นที่แสดงด้วยภาพวาด

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การให้นักเรียนทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นแบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์โดยสร้างแบบจำลองที่นำเสนอแผนการศึกษาค้นคว้าหรือการปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์และนำเสนอผลโดยสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด หรือกราฟิก

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจนจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และมีอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์จำลองกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นการให้นักเรียนนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง เพื่อสนับสนุนความสอดคล้องระหว่างข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน เป็นการให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคลและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีการสะท้อนผลกลับซึ่งกันและกัน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง เป็นการให้นักเรียนตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียนจากการอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันมาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน และให้นักเรียนสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติเป็นรายบุคคล

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย เป็นการให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่เป็นมติไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ในปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับใช้ประกอบการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.1 วิสัยทัศน์และพันธกิจของโรงเรียน
   1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.3 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ 5
2. มโนมติ
   2.1 ความหมายของมโนมติ
   2.2 ประเภทของมโนมติ
   2.3 การจัดกลุ่มมโนมติ
   2.4 แนวทางการวัดมโนมติ
   2.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างมโนมติ
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS
      3.3.1 ที่มาและความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS
      3.3.2 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS
      3.3.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์
   4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนมติ

หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิสัยทัศน์และพันธกิจของโรงเรียน

วิสัยทัศน์ของโรงเรียน คือ โรงเรียนมาตรฐาน สืบสานความเป็นไทย ใส่ใจคุณธรรม น้อมนำศาสตร์พระราชา เทคโนโลยีก้าวหน้า พัฒนาสู่สากล

พันธกิจของโรงเรียน คือ

1. พัฒนาผู้เรียนให้รักความเป็นไทย และมีคุณภาพเป็นพลโลก
2. พัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาให้เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้
3. พัฒนาระบบการบริหารจัดการให้ทันสมัย
4. พัฒนาระบบเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพ
5. ส่งเสริมให้ชุมชนและสังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้หลักออกเป็น 4 สาระการเรียนรู้ และมีสาระเพิ่มเติมอีก 4 สาระการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกเนื้อหาจากสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ในหัวข้อ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ 5

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 5 รหัสวิชา ว23101 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ระยะเวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับลักษณะของโครโมโซมที่มีหน่วยพันธุกรรมหรือยีนในนิวเคลียส ความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โรคทางพันธุกรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีน โครโมโซม สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การเกิดคลื่นส่วนประกอบของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กฎการสะท้อนของแสง การเกิดภาพจากกระจกเงา การหักเหของแสง การกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึม การเกิดภาพจากเลนส์บาง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์ ความสว่างของแสง การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การ

เปลี่ยนแปลงเวลาการขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง เทคโนโลยีอวกาศ ความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ สร้างแบบจำลอง และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ สามารถตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตัวชี้วัด

ว 1.3 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4, ม.3/5, ม.3/6, ม.3/7, ม.3/8

ว 2.3 ม 3/10, ม.3/11, ม.3/12, ม.3/13, ม.3/14, ม.3/15, ม.3/16, ม.3/17, ม.3/18, ม.3/19, ม.3/20, ม.3/21

ว 3.1 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4

รวม 24 ตัวชี้วัด

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกเนื้อหาในหัวข้อ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งตรงกับตัวชี้วัด ดังนี้

ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง

ม.3/14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา

ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ม.3/16 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง

ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้

ม.3/18 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา

มโนมติ

ความหมายของมโนมติ

มโนมติมาจากคำว่า concept แปลภาษาอังกฤษซึ่งมาจากรากศัพท์ภาษาละตินว่า conceptus หรือ concipere (conceive) มีผู้แปลเป็นภาษาไทยไว้หลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด

สังกัป มโนภาพ มโนคติ มโนทัศน์ ซึ่งนักจิตวิทยาแห่งการศึกษาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ดังนี้

Mcdonald (1960) กล่าวว่า มโนมติ คือ การจำแนกหรือการจัดระบบของสิ่งเร้า หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะร่วมกัน ทั้งนี้มโนมติไม่ใช่ตัวของสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์และไม่ใช่ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเหล่านั้นๆ แต่เป็นการจัดจำแนกประเภทของสิ่งเร้าและเหตุการณ์

Good (1973, p.124) ให้ความหมายของมโนมติไว้ 3 ประการ คือ

1. ความเห็นหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบหรือลักษณะร่วมสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มพวกได้

2. ความคิดทั่วไปเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการหรือวัตถุ

3. ความคิดเห็น ความคิด ความเห็น หรือมโนภาพ

โกเมศ นาแจ้ง (2554, น. 73) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดและความเข้าใจของบุคคลที่สรุปรวมจากลักษณะที่แตกต่างหรือคล้ายคลึงกันของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้วประมวลเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้นๆ

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554, น. 15) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเก็บรวบรวมมาจากประสบการณ์การรับรู้ข้อเท็จจริง แล้วมีการจัดระบบเป็นความคิดของตนเอง สามารถแสดงออกมาโดยการใช้ภาษา

ภาณุ บุตรวิเศษ (2557, น. 35) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวบุคคลที่จะตีความ และสรุปความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเป็นผลเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เป็นสมบัติ หรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น

สวนีย์ เพ็ชรพงศ์ (2557, น. 38) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความสามารถในการสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยอาศัย ความคิดความเข้าใจ การลงความเห็นโดยภาพรวมของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากการรับรู้การสังเกตมาสัมพันธ์กับประสบการณ์จนเกิดเป็นข้อสรุป

รัตนาพร ประพันธ์วิทย์ (2560, น. 13) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความเข้าใจ หรือความคิดรวบยอดของบุคคล ที่ผ่านการตีความหรือลงข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อพยายามทำความเข้าใจถึงความไม่คุ้นเคย หรือความเป็นนามธรรมเรื่องนั้นผ่านการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การตีความและลงข้อสรุป เป็นต้น ซึ่งมโนมติของแต่ละบุคคลย่อมมีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาความหมายของมโนมติข้างต้น ผู้วิจัย สรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ของแต่ละบุคคลในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้มาจากการได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปของแต่ละบุคคล

ประเภทของมโนมติ

จากการศึกษาประเภทของมโนมติ นักการศึกษาได้จำแนกประเภทของมโนมติ โดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

Romey (1968, pp. 117-118) แบ่งประเภทของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนมติเชิงการแบ่งประเภท (Classification Concepts) คือ ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วมกันข้อเท็จจริงต่างๆ ที่นำไปใช้ในการบรรยายถึงคุณสมบัติของปรากฏการณ์ต่างๆ

2. มโนมติเชิงความสัมพันธ์ (Correlational Concepts) คือ มโนมติที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกัน เช่น ของเหลวและแก๊สอุดมคติเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว

3. มโนมติเชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) คือ มโนมติที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผลซึ่งอยู่นอกเหนือจากประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานที่สนับสนุนทำให้เกิดความเข้าใจเหล่านั้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เป็นต้น

Jacobsen et al. (1985, pp. 36-38) ได้แบ่งประเภทของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. มโนมติหลัก (Super-ordinate Concepts) คือ มโนมติที่มีความสัมพันธ์จัดอยู่ในระดับสูงสุด เช่นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ปีก ซึ่งมโนมติประเภทนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนมติด้วยกัน โดยจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งของต่างๆ จากใหญ่ที่สุดไปหาเล็กสุดได้

2. มโนมติร่วม (Co-ordinate Concepts) คือ มโนมติที่มีลักษณะร่วมกัน แม้จะจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ต่างกัน แต่ก็ยังมีบางส่วนที่เหมือนกัน เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ปีกทั้ง 3 กลุ่มนี้ยังมีลักษณะที่คล้ายกันอยู่

3. มโนมติรอง (Sub-ordinate Concepts) คือ มโนมติที่มีความสัมพันธ์รองลงมาจากมโนมติหลัก เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจัดอยู่ในอันดับย่อยของกลุ่มสัตว์ ดังนั้น สัตว์เลี้ยงลูกจึงเป็นมโนมติรองของกลุ่มสัตว์ด้วย

Halloun (1998, p. 246 อ้างถึงใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554 น. 77) ได้จำแนกประเภทของมโนมติในสาขาวิชาฟิสิกส์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนมติของวัตถุ (Object concepts) หมายถึง วัตถุทางกายภาพที่พบในโลก เช่น มโนมติของอนุภาคทางกลศาสตร์ เป็นต้น

2. มโนมติทางคุณสมบัติ (Property concepts) หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพที่บอกลักษณะทางกายภาพของวัตถุโดยเฉพาะ หรือบอกลักษณะเชิงปฏิสัมพันธ์กับวัตถุทางกายภาพอื่นๆ เช่น มโนมติของอัตราเร็ว มโนมติของแรง เป็นต้น

3. มโนมติของตัวดำเนินการ (Operational concepts) หมายถึง ตัวจัดกระทำทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อบอกกระบวนการและคุณสมบัติของวัตถุ เช่น การใช้สัญลักษณ์เวกเตอร์ เป็นต้น โดยมโนมติของตัวดำเนินการสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.1 สัญลักษณ์แพงวัตถุ (Object descriptor) หมายถึง การบอกลักษณะที่เป็นแบบฉบับของวัตถุทางกายภาพ ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งคุณสมบัติที่คงตัว เช่น มวล เป็นต้น และสภาวะที่เปลี่ยนไปตามกรอบ เช่น อัตราเร็ว เป็นต้น

3.2 สัญลักษณ์แทนการปฏิสัมพันธ์ (Interaction descriptor) หมายถึง การบอกลักษณะการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุอย่างน้อย 2 วัตถุ เช่น แรง เป็นต้น

Lawson et al. (2000, pp. 996-1018 อ้างถึงใน พัณนิดา มิ่งมิตร, 2559 น. 23) จำแนกประเภทของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์เกี่ยวกับคำหรือวลีที่พบในมโนมติจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนมติเชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) คือ มโนมติที่อยู่นอกเหนือประสาทสัมผัส ไม่ได้มาจากการสังเกตโดยตรง แต่ได้มาจากแนวคิดทฤษฎีที่สนับสนุนความเข้าใจในสิ่งนั้น เป็นมโนมติที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล เช่น มโนมติเรื่องอะตอม อนุภาคโปรตอน อิเล็กตรอน ควาร์ก การเกิดปฏิกิริยาระหว่างอะตอมกับโมเลกุล เป็นต้น

2. มโนมติเชิงบรรยาย (Descriptive concepts) คือ มโนมติที่ได้จากการสังเกตจากวัตถุ หรือสถานการณ์โดยตรงและหลายๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญของวัตถุหรือสถานการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนมติ

3. มโนมติเชิญสอดแทรก (Intermediate concepts) คือ มโนมติที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงเนื่องจากข้อจำกัดของเวลา และสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นแล้วในอดีต แต่สามารถรับรู้ได้ เช่น มโนมติเรื่องการกำเนิดไดโนเสาร์ การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศ เป็นต้น ข้อจำกัดของการเกิดมโนมติประเภทนี้อยู่ที่ระยะเวลาในการสังเกตสถานการณ์นั้น

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) แบ่งประเภทของมโนมติออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนมติเชิงการแบ่งประเภท (Classificational concepts) เป็นมโนมติที่มีลักษณะเป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ ซึ่งนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุ หรือปรากฏการณ์ เช่น ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย สัตว์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง เป็นต้น

2. มโนมติเชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนมติที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่มิอาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุน แล้วสร้างคำอธิบายเพื่อแสดงออกถึงความเข้าใจของตนเอง เช่น น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมันโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ เป็นต้น

3. มโนมติเชิงความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนมติที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ซึ่งนำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ได้ เช่น อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เป็นต้น

พัณนิดา มิ่งมิตร (2559, น. 24) ได้จัดกลุ่มประเภทของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. มโนมติเชิงบรรยาย หมายถึง กลุ่มของมโนมติที่สามารถจำแนกได้โดยใช้ประสาทสัมผัสสังเกตลักษณะทางกายภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์

2. มโนมติเชิงทฤษฎี หมายถึง กลุ่มของมโนมติที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยใช้ประสาทสัมผัสสังเกตลักษณะทางกายภาพโดยตรง แต่ได้มาจากแนวคิดทฤษฎีที่สนับสนุนหรือหลักฐานที่เป็นเหตุผลนำไปสู่ความเข้าใจนั้น

จากการศึกษาประเภทมโนมติข้างต้น ผู้วิจัยพบว่า มโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ มีลักษณะเป็นมโนมติเชิงทฤษฎี เนื่องจากไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสจำแนกลักษณะออกมาได้โดยตรง แต่ต้องใช้แนวคิดทฤษฎี หรือหลักฐานมาสนับสนุนในการทำความเข้าใจ หรืออธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์

การจัดกลุ่มมโนมติ

มโนมติของแต่ละบุคคลนั้นแตกต่างกันออกไป ตามการได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ไม่เหมือนกันของแต่ละบุคคล นักการศึกษาหลายท่านจึงได้จำแนกกลุ่มมโนมติออกได้หลายรูปแบบ ดังนี้

Marek et al. (1990, p. 825 อ้างถึงใน ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, 2559 น. 42) ได้แบ่งมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. มโนมติที่ถูกต้อง (Sound understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2. มโนมติถูกต้องบางส่วน (Partial understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์

3. มโนมติที่คลาดเคลื่อน (Limited understanding) หมายถึง คำตอบบางคำตอบมีมโนมติที่ถูกต้องและบางคำตอบมีมโนมติที่ไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

4. มโนมติไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในมโนมตินั้นๆ

Lawson et al. (1993, pp. 35-80) ได้แบ่งกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวคิดที่สมบูรณ์ตามทฤษฎี (Complete theoretical conception) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ถูกต้อง ตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง

2. แนวคิดที่ถูกต้องตามทฤษฎีบางส่วน (Partial theoretical conception) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน ตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3. แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน (Descriptive conception) หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อย 1 ส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ถูกต้อง ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial understanding with specific misconception) หมายถึง คำตอบของนักเรียนมีบางองค์ประกอบที่ถูกต้อง และไม่ถูกต้อง ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific misconception) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้อง ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

6. ไม่มีแนวคิด (No understanding) หมายถึง ไม่ไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

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

1. กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound understanding: SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2. กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial understanding with a Specific misconception: PU&SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

4. กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

5. กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532, น. 23 อ้างถึงใน สวนีย์ เพ็ชรพงศ์, 2557, น. 44) ได้จัดลำดับมโนมติแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. มโนมติที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ

2. มโนมติที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนมติ

3. แนวความคิดที่คาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายบางส่วนถูกต้อง และบางส่วนไม่ถูกต้อง

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิด และการให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

วรรณจรีย์ มังสิงห์ (2536 อ้างถึงใน รัตนาพร ประพันธ์วิทย์ 2560, น. 22) ได้จัดกลุ่มมโนมติออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวคิดที่สมบูรณ์ (Complete understanding: CU) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมด

2. แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

3. แนวคิดที่คาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with Specific misconception: PS) หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลถูกต้องและผิดปนกัน

4. แนวคิดที่คาดเคลื่อน (Misconception: MC) หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลผิดทั้งหมด

5. ความไม่เข้าใจ (No understanding: NU) หมายถึง คำตอบถูกต้อง หรือคำตอบผิด และไม่เขียนอธิบายเหตุผล

จากการศึกษาการจัดกลุ่มมโนมติของนักวิชาการหลายท่านและในหลายงานวิจัย พบว่า การจัดกลุ่มทุกรูปแบบมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในรายละเอียดเพียงเล็กน้อย และสำหรับในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม โดยอาจจะใช้ชื่อเรียกแต่ละกลุ่มแตกต่างกันออกไป แต่ความหมายของแต่ละกลุ่มเหมือนกัน ซึ่งการแบ่งกลุ่มมโนมติออกเป็น 5 กลุ่ม มีความสอดคล้องกับลักษณะมโนมติของนักเรียนที่สามารถพบได้ในชั้นเรียนของผู้วิจัย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแบบของ Simpson and Marek ซึ่งให้นิยามและความหมายของกลุ่มมโนมติเอาไว้อย่างชัดเจนสอดคล้องกับบริบทห้องเรียนของผู้วิจัย

แนวทางการวัดมโนมติ

มโนมติ เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ที่สำคัญ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่านักเรียนมีมโนมติที่ผู้สอนต้องการแล้วหรือไม่ อย่างไร และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ พบว่า แนวทางการวัดมโนมติของนักเรียนนั้นมีหลากหลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่งแต่ละรูปแบบมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

1. **การสัมภาษณ์**

การสัมภาษณ์ คือ การสนทนากันอย่างมีเป้าหมาย ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยผู้วิจัยได้สรุปลักษณะการสัมภาษณ์ของนักการศึกษาหลายท่านเอาไว้ ดังนี้

Osborn & Gilbert (1980 อ้างถึงใน ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม, 2554 น. 36) ได้แบ่งการสัมภาษณ์เป็น มี 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง ซึ่งผู้สัมภาษณ์จะมีบัตรคำแสดงภาพลายเส้น หรือรูปภาพของวัตถุหรือเหตุการณ์ของตัวอย่างมโนมติที่ต้องการถาม ผู้สัมภาษณ์จะนำเสนอบัตรคำทีละใบเพื่อให้นักเรียนดูภาพแล้วมีคำถามเกี่ยวกับภาพในบัตรคำนั้น

2) การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ การสัมภาษณ์ในรูปแบบนี้จะมีความยืดหยุ่นกว่าการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง มักนิยมนำมาใช้เพื่อสำรวจมโนมติของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยมีการสาธิตปรากฏการณ์จริงๆ ให้นักเรียนดู หรือวาดปรากฏการณ์ดังกล่าวลงบนบัตรคำ

นิศา ชูโต (2551, น. 29) กล่าวว่า การสัมภาษณ์ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือความเข้าใจของตนเองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกมาเป็นคำพูดที่เป็นภาษาของตนเอง และแบ่งการสัมภาษณ์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

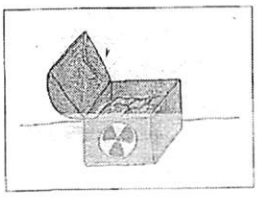
1) การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่เป็นทางการ มีแบบแผนที่แน่นอน มีการลำดับข้อคำถามก่อนหลัง ซึ่งลักษณะข้อคำถามมีทั้งคำถามแบบปลายเปิดและคำถามแบบปลายปิด

2) การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีความยืดหยุ่นสูง และไม่เป็นทางการ ผู้สัมภาษณ์มีอิสระในการถามคำถาม โดยสามารถปรับคำถามให้เหมาะสมกับผู้ถูกสัมภาษณ์แต่ละคนได้ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์ ซึ่งลักษณะคำถามจะเป็นคำถามแบบปลายเปิด

3) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีความยืดหยุ่นกว่าการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง แต่มีความเป็นทางการมากกว่าการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง โดยผู้สัมภาษณ์สามารถร่างคำถามปลายเปิดไว้คร่าวๆ โดยมีคำถามสำคัญ เพื่อชี้นำประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า แต่ในบางกรณีขณะ สัมภาษณ์อาจมีการปรับคำถามให้เหมาะสมกับบริบทที่เปลี่ยนไปได้บ้างเล็กน้อย

สายชล สุขโข (2557) ได้สร้างแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้ตรวจสอบความเข้าใจมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ที่วาดลงในบัตรภาพ โดยมีการกำหนดคำถามปลายเปิดเพื่อการสัมภาษณ์ไว้บางส่วนล่วงหน้า ดังตัวอย่างในภาพ 1

สถานการณ์ที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี



ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

1. ถ้ากล่องเปิดอยู่จะเป็นอย่างไร
2. ถ้าปิดกล่องแล้ว รังสีจะออกมาได้หรือไม่อย่างไร
3. รังสีออกมาจากกล่องได้อย่างไร

ภาพ 1 แสดงตัวอย่างภาพเหตุการณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์ เรื่อง กัมมันตรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

ที่มา: สายชล สุขโข, 2557, น. 135

ธิดารัตน์ คำแพง (2560) ได้สร้างแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับนำไปพัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยแบบสัมภาษณ์มีการกำหนดคำถามเพื่อการสัมภาษณ์ไว้บางส่วน และข้อคำถามที่ใช้เป็นลักษณะคำถามปลายเปิด ซึ่งตัวอย่างของข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์ เป็นดังภาพ 2

คำถามเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน

1. รูปปั้นหรืออาคารที่เป็นหินอ่อนมักถูกกัดกร่อนโดยฝน ซึ่งเกิดจากน้ำฝนดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ในอากาศ จะทำให้น้ำฝนมีสภาพเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) หรือที่เรียกว่าฝนกรด โดยผลของฝนกรดที่มีต่อหินอ่อนจำลองได้โดยใส่เศษหินอ่อนลงในน้ำส้มสายชูตั้งทิ้งไว้จะเกิดฟองแก๊สเกิดขึ้น

คำถาม การเกิดฝนกรดเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่.....อย่างไร.....

คำถาม ปฏิกิริยาการเกิดฝนกรดสามาถเขียนแทนด้วยสมการเคมีได้อย่างไร.....

คำถาม ปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาแบบใด.....เพราะเหตุใด.....

คำถาม นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะทำให้เศษหินอ่อนหายไปเร็วที่สุด.....

คำถาม นักเรียนจะสามารถหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนี้ได้หรือไม่.....อย่างไร.....

ภาพ 2 แสดงตัวอย่างข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี

ที่มา: ธิดารัตน์ คำแพง, 2560, น. 175

จากผลการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย ได้ดังนี้

ข้อดี คือ สามารถเก็บข้อมูลได้ในเชิงลึกว่านักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องหรือไม่ อย่างไร และสามารถปรับปรุงคำถามได้ตามความเหมาะสม

ข้อเสีย คือ ไม่เหมาะสำหรับนักเรียนจำนวนมากเนื่องจากต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลมาก นอกจากนี้การนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลเป็นเรื่องยากและต้องใช้เวลามาก

2. การใช้แผนผังมโนมติ

แผนผังมโนมติ คือ แผนผังที่บุคคลสร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายแนวคิดหรือความเข้าใจของตนเองออกมาในลักษณะแผนภาพหรือแผนภูมิ โดยใช้ข้อความ สัญลักษณ์ ลากเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน โดยแผนผังมโนมติสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (มนัส บุญประกอบ, 2533)

1) ชนิดกระจายออก (Point Grouping) เป็นแผนผังมโนมติที่เริ่มจากคำที่มีเป็นมโนมติหลัก ซึ่งจะเชื่อมโยงกระจายออกในทุกทิศทาง เพื่อเชื่อมต่อกับมโนมติแยกย่อย

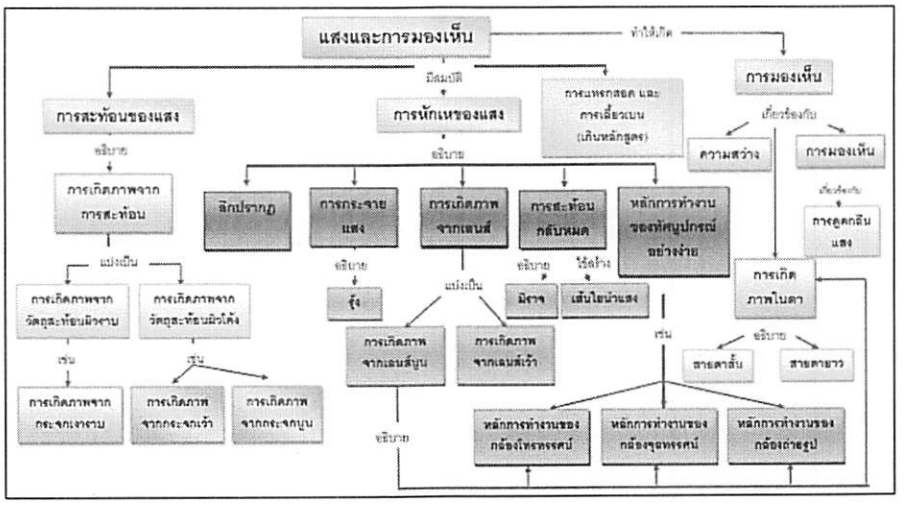
2) ชนิดปลายเปิด (Opened Grouping) เป็นแผนผังมโนมติที่แสดงการเชื่อมโยงกลุ่มมโนมติต่างๆ ลดหลั่นกันลงไป ตามลำดับความสำคัญของมโนมติที่ผู้กำหนดไว้

3) ชนิดปลายปิด (Closed Grouping) เป็นแผนผังมโนมติที่เริ่มจากคำที่มีเป็นมโนมติหลักจะเชื่อมโยงสัมพันธ์กับมโนมติอื่นๆ โดยมีเส้นเชื่อมโยง และคำเชื่อมโยง มีลักษณะค่อนข้างจำกัดในตัวเอง

4) ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) เป็นแผนผังมโนมติที่มีลักษณะคล้ายกับชนิดปลายเปิด แต่มีการเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนมติได้

จากหลายงานวิจัย พบว่า แผนผังมโนมติ ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และวิเคราะห์นักเรียน ดังนี้

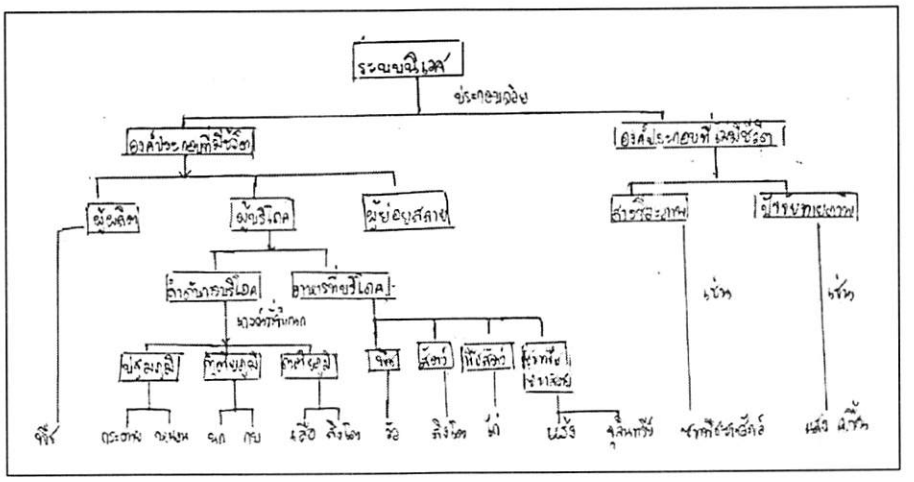
ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม (2554) ได้นำแผนผังมโนมติมาใช้ในการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และสร้างแบบวัดมโนมติสำหรับใช้ในการวิจัย ซึ่งตัวอย่างของแผนผังมโนมติที่สร้างขึ้น เป็นดังภาพ 3



ภาพ 3 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนมติ เรื่อง แสงและการมองเห็น

ที่มา: ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม, 2554, น. 93

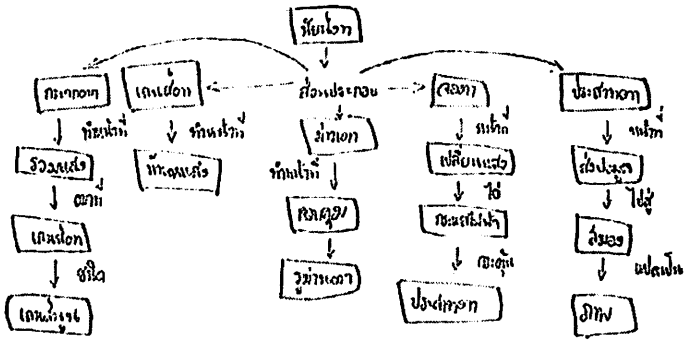
อัจฉรา ปานรอด (2555) ได้นำแผนผังมโนมติมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งตัวอย่างของแผนผังมโนมติที่นักเรียนสร้างขึ้น เป็นดังภาพ 4



ภาพ 4 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนมติ เรื่อง ระบบนิเวศ

ที่มา: อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 139

สวนีย์ เพ็ชรพงศ์ (2557) ได้นำแผนผังมโนมติมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และวัดมโนมติของนักเรียน ซึ่งตัวอย่างของแผนผังมโนมติที่นักเรียนสร้างขึ้น เป็นดังภาพ 5



ภาพ 5 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนมติ เรื่อง นัยน์ตาและการมองเห็น

ที่มา: สวนีย์ เพ็ชรพงศ์, 2557, น. 102

จากผลการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย ได้ดังนี้

ข้อดี คือ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น วางแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พัฒนาการคิด เครื่องมือวัดประเมินผล เป็นต้น

ข้อเสีย คือ หากทำการเก็บข้อมูลกับกลุ่มคนจำนวนมาก การนำข้อมูลที่ได้จากแผนผังมโนมติมาทำการวิเคราะห์และสรุปผลเป็นเรื่องยากและต้องใช้เวลามาก

3. แบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด

แบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด คือ แบบสอบถามที่เปิดเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเอง ผ่านการเขียนอธิบายลงบนกระดาษ ซึ่งแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิดเป็นอีกเครื่องมือหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้วัดมโนมติของนักเรียนได้ ดังงานวิจัยต่อไปนี้

ธิดารัตน์ ขอดจันทึก (2558) ได้สร้างแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด เพื่อใช้ตรวจสอบมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งแบบวัดนี้มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผล ดังภาพ 6 และใช้เกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 1

6. โวลต์มิเตอร์ใช้วัดอะไร และต้องต่อแบบใดเข้ากับวงจร เพราะเหตุใดจึงต้องต่อแบบนั้น

ตอบ.....

.....

แนวคำตอบ แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า ต้องต่อเข้าวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เพราะแอมมิเตอร์มีความต้านทานน้อย

ภาพ 6 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด เรื่อง ไฟฟ้า

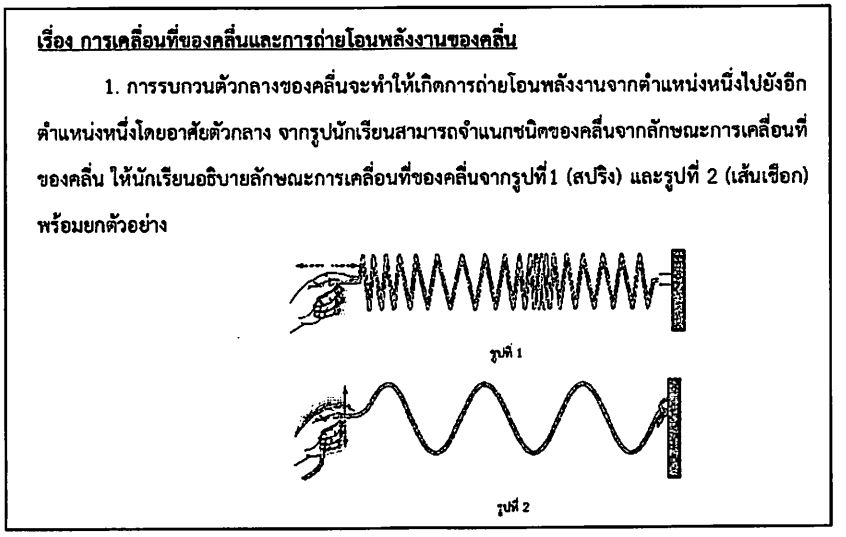
ที่มา: ธิดารัตน์ ขอดจันทึก, 2558, น. 144

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของ ธิดารัตน์ ขอดจันทึก

คะแนน	ระดับความเข้าใจมโนมติ	คำตอบ
3	ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (CU)	ให้คำตอบถูกต้องครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้ 1) แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า 2) ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 3) แอมมิเตอร์มีความต้านทานน้อย
2	ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	ให้คำตอบถูกต้องตามองค์ประกอบที่สำคัญเพียง 2 ส่วน
1	ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	ให้คำตอบถูกต้องตามองค์ประกอบที่สำคัญเพียง 1 ส่วน แต่องค์ประกอบอื่นตอบได้คลาดเคลื่อน
0	ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (AC)	ให้คำตอบที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดและไม่อธิบายเหตุผล
0	ความไม่เข้าใจ (NU)	ให้คำตอบไม่ตรงกับคำถาม หรือไม่ตอบ

ที่มา: ธิดารัตน์ ขอดจันทึก, 2558, น. 143

พิมพ์ฤทัย พึ่งตาแสง (2559) ได้สร้างแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด เพื่อใช้ตรวจสอบมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งแบบวัดนี้มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด มีรูปภาพประกอบข้อคำถาม ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผล ดังภาพ 7 และใช้เกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 2



ภาพ 7 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด เรื่อง คลื่นกล

ที่มา: พิมพ์ฤทัย พึ่งตาแสง, 2559, น. 86

ตาราง 2 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนมติ ของ พิมพ์ฤทัย พึ่งตาแสง

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
สามารถจำแนกชนิดของคลื่นและอธิบายพร้อมยกตัวอย่างได้	3
สามารถจำแนกชนิดของคลื่นและอธิบายพร้อมยกตัวอย่างได้บางส่วน	2
สามารถจำแนกชนิดของคลื่นและอธิบายแต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด	1
ไม่สามารถระบุคำตอบได้	0

ที่มา: พิมพ์ฤทัย พึ่งตาแสง, 2559, น. 86

จากผลการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย ได้ดังนี้

ข้อดี คือ สามารถเก็บข้อมูลมโนมติได้ในเชิงลึก นักเรียนสามารถเขียนอธิบายบรรยายได้อย่างอิสระ ทำให้ได้ข้อมูลจำนวนมากและหลากหลาย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องตามประเด็น

ข้อเสีย คือ เนื่องจากสามารถเขียนอธิบายบรรยายได้อย่างอิสระ ทำให้ได้ข้อมูลที่ได้อาจไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา ทำให้ผู้วิจัยเสียเวลาจำนวนมากในการคัดกรองก่อนเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

4. แบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 2 ตอน

Caleon และ Subramaniam (2010, p. 941 อ้างถึงใน ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม 2554, น. 37) กล่าวว่า แบบวัดแบบเลือกตอบแบบ 2 ตอน เริ่มสร้างขึ้นในปี 1988 โดย Treagust เป็นผู้พัฒนาแบบวัดแบบนี้เป็นคนแรก ซึ่งเป็นแบบวัดมโนมติที่ได้รับความนิยมมาก ลักษณะของแบบวัดประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหาเพื่อใช้วัดมโนมติ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีคำตอบเป็นตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นคำถามเชิงเหตุผลของเนื้อหาในตอนที่ 1 มีคำตอบเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก ซึ่งมีตัวอย่างดังนี้

สุพิชญา กมลรัตน์ (2557) ได้สร้างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 2 ตอน เพื่อใช้ตรวจสอบมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งแบบวัดนี้มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัย ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถาม แบบ 2 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบในตอนที่ 1 แบบ 5 ตัวเลือก โดยตัวเลือกที่ 5 นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลเพิ่มเติมได้ตามความคิดของตนเอง ตัวอย่างดังภาพ 8 และใช้เกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติ ดังภาพ 9

1. กลีบเลี้ยงสามารถทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้เหมือนกับใบ ใช่หรือไม่

ก. ใช่ ข. ไม่ใช่

เหตุผลที่ตอบ

1. เพราะกลีบเลี้ยงมีสีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
2. เพราะกลีบเลี้ยงมีวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้
3. เพราะกลีบเลี้ยงอยู่ด้านล่างไม่ได้รับแสงจึงสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้
4. เพราะกลีบเลี้ยงมีคลอโรพลาสต์สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้แต่ไม่เท่าใบ
5. มีเหตุผลอื่น (อธิบาย_____)

ภาพ 8 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 2 ตอน เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก

ที่มา: สุพิชญา กมลรัตน์, 2557, น. 166

เกณฑ์การให้คะแนน	ลักษณะคำตอบกับเหตุผลที่เลือกตอบ
CU หมายถึง ความเข้าใจมโนมติในระดับถูกต้องและสมบูรณ์ (3 คะแนน)	ตอบ ก.ใช่ เหตุผล 4. เพราะกบเลี้ยงมีคลอโรพลาสต์สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้แต่ไม่เท่าใบ
PU หมายถึง ความเข้าใจมโนมติในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	ตอบ ก.ใช่ เหตุผล 1. เพราะกบเลี้ยงมีสีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
PS หมายถึง ความเข้าใจมโนมติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลไม่ตรงกับคำตอบ (1 คะแนน)	ตอบ ก.ใช่ เหตุผล 2. เพราะกบเลี้ยงมีวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวน การสังเคราะห์ด้วยแสงได้ หรือ 3. เพราะกบเลี้ยงอยู่ด้านล่างไม่ได้รับแสงจึงสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้
AC หมายถึง ความเข้าใจมโนมติในระดับคลาดเคลื่อน (0 คะแนน)	ตอบ ข. ไม่ใช่
NU หมายถึง ความไม่เข้าใจหรือไม่ทำแบบวัด (0 คะแนน)	ไม่ตอบ

ภาพ 9 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก

ที่มา: สุพิชญา กมลรัตน์, 2557, น. 177

พัณณิดา มิ่งมิตร (2559) ได้สร้างแบบวัดมโนมติแบบ 2 ตอน เพื่อใช้ตรวจสอบมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งแบบวัดนี้มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัย ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา แบบ 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลสนับสนุนคำตอบในตอนที่ 1 แบบ 4 ตัวเลือก ตามแนวคิดของ Odom and Kelly (2001) ตัวอย่างดังภาพ 10 และใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังภาพ 11

0. รถบรรทุกสิบล้อ และรถจักรยานยนต์กำลังเคลื่อนที่มาทิศเดียวกัน ด้วยอัตราเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่ากัน เมื่อคนขับรถทั้งสองเหยียบเบรกพร้อมกัน จนล้อหยุดหมุน รถคันใดจะไถลไปได้ไกลกว่ากัน

ก. รถบรรทุกสิบล้อ ข. รถจักรยานยนต์

ค. ไถลไปได้ไกลเท่ากัน ง. ไม่สามารถบอกได้

เหตุผลสนับสนุน

1. วัตถุมีมวลมาก มีความเฉื่อยมาก 2. วัตถุมวลน้อยเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า

3. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน 4. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราหน่วงต่างกัน

ภาพ 10 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 2 ตอน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ที่มา: พัณณิดา มิ่งมิตร, 2559, น. 104

เฉลยคำตอบ
ตอนที่ 1 ตอบ ก. ตอนที่ 2 ตอบ 1.)

เกณฑ์การให้คะแนน ตามแนวคิดของ Caleon and Subramaniam 2010 ซึ่งข้อคำถามแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้
ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกทั้ง 2 ตอน
ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกในตอนที่ 1
ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบผิดในตอนที่ 1 หรือตอบผิดทั้ง 2 ตอน หรือไม่ตอบทั้ง 2 ตอน

ภาพ 11 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนมติ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ที่มา: พัณณิดา มิ่งมิตร, 2559, น. 67

จากผลการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย ได้ดังนี้

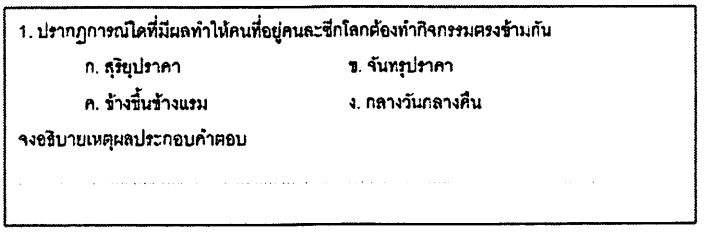
ข้อดี คือ สามารถวิเคราะห์ผล และสรุปผลได้ง่าย มีความเป็นปรนัย และสะดวกในการใช้กับนักเรียนจำนวนมาก

ข้อเสีย คือ ไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างการตอบผิดเพราะความไม่รู้ และการตอบผิดเพราะนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ และไม่สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกได้ดีเท่าการสัมภาษณ์ และการใช้แบบวัดมโนมติแบบคำถามปลายเปิด

5. แบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล

แบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล จะประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา มีคำตอบเป็นตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นคำถามเชิงเหตุผลของเนื้อหาในตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนเหตุผลอธิบาย ตัวอย่างดังนี้

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ (2559) ได้สร้างแบบวัดมโนมติแบบ 2 ตอน เพื่อใช้ตรวจสอบมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งแบบวัดนี้มี ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหาแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบในตอนที่ 1 ตัวอย่างดังภาพ 12 ใช้เกณฑ์การตรวจดังภาพ 13 และใช้เกณฑ์การประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 3


1. ปรากฏการณ์ใดที่มีผลทำให้คนที่อยู่คนละซีกโลกต้องทำกิจกรรมตรงข้ามกัน

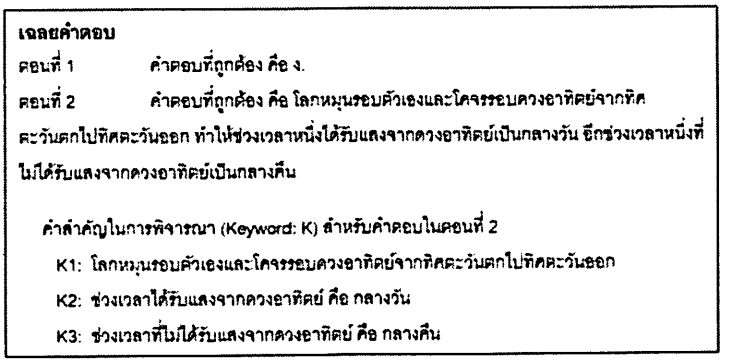
ก. สุริยุปราคา ข. จันทรุปราคา

ค. ข้างขึ้นข้างแรม ง. กลางวันกลางคืน

จงอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

ที่มา: ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, 2559, น. 239


เฉลยคำตอบ

ตอนที่ 1 คำตอบที่ถูกต้อง คือ ง.

ตอนที่ 2 คำตอบที่ถูกต้อง คือ โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์จากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ทำให้ช่วงเวลาหนึ่งได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เป็นกลางวัน อีกช่วงเวลาหนึ่งที่ไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เป็นกลางคืน

คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบในตอนที่ 2

K1: โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์จากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก

K2: ช่วงเวลาได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ คือ กลางวัน

K3: ช่วงเวลาที่ไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ คือ กลางคืน

ภาพ 13 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การตรวจแบบวัดมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

ที่มา: ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, 2559, น. 239

ตาราง 3 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของ ลัทธวรรณ ศรีวิคำ

คะแนน	ระดับความเข้าใจมโนมติ	คำตอบตอนที่ 1	คำตอบตอนที่ 2
3	กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU)	ถูกต้อง	K1 และ K2 และ K3 ถูกต้องสมบูรณ์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
2	กลุ่มที่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PU)	ถูกต้อง	K1 หรือ K2 หรือ K3 มีบางส่วนไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 3 (ต่อ)

คะแนน	ระดับความเข้าใจมโนมติ	คำตอบตอนที่ 1	คำตอบตอนที่ 2
1	กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	ถูกต้อง	K1 หรือ K2 หรือ K3 มีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
0	กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	ถูก/ผิด	ไม่มีคำสำคัญที่กำหนด และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง
0	กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (NU)	ถูก/ผิด	ไม่ตอบ

ที่มา: ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, 2559, น. 251

จากผลการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย ได้ดังนี้

ข้อดี คือ นักเรียนสามารถเขียนอธิบายบรรยายคำตอบได้อย่างอิสระ ทำให้ได้ข้อมูลจำนวนมากและหลากหลาย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องตามประเด็น

ข้อเสีย คือ ไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างการตอบผิดเพราะความไม่รู้ และการตอบผิดเพราะนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ และไม่สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกได้ดีเท่าการสัมภาษณ์

6. แบบวัดมโนมติแบบคำถาม 3 ตอน

แบบวัดมโนมติแบบคำถาม 3 ตอน คล้ายแบบวัดแบบเลือกตอบ 2 ตอน แต่ได้เพิ่มตอนที่ 3 ซึ่งเป็นตอนที่ถามความมั่นใจของนักเรียนในการตอบ 2 ตอนแรกเข้าไปด้วย เพื่อเป็นการวัดว่าการที่นักเรียนตอบผิดเนื่องมาจากมีมโนมติคลาดเคลื่อนหรือเพราะขาดความรู้ เพราะมโนมติที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดจะทำให้นักเรียนทำแบบวัดผิด แต่การทำแบบวัดผิดทั้งหมดไม่ใช่มโนมติที่คลาดเคลื่อน การทำแบบวัดผิดในบางครั้งอาจมาจากการขาดความรู้ ถ้านักเรียนตอบคำถามในตอนที่ 1 หรือ ตอนที่ 2 ผิด แต่ตอบว่ามั่นใจในตอนที่ 3 นั่นแสดงว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบวัดนี้จึงให้ข้อมูลที่มากกว่าแบบวัดแบบเลือกตอบ 2 ตอน ตัวอย่างดังนี้

ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม (2554) ได้สร้างแบบวัดมโนมติแบบ 3 ตอน เพื่อใช้ตรวจสอบมโนมติก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งแบบวัดนี้มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัย ประกอบด้วย 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา แบบ 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลสนับสนุนคำตอบในตอนที่ 1 แบบ 4 ตัวเลือก ตอนที่ 3 เป็นข้อคำถามตรวจสอบความมั่นใจในการเลือกคำตอบใน 2 ตอนแรก แบบ 2 ตัวเลือก และใช้เกณฑ์การให้คะแนนและประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพ 14

ตัวอย่างคำถาม แบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและการมองเห็น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

0. อุปกรณ์ใดสามารถรับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วทำให้กระดาษลุกไหม้ได้

ก. เลนส์นูน ข. เลนส์เว้า

ค. กระจกนูน ง. กระจกเว้า

เพราะ

1) เลนส์นูนกระจายแสง เลนส์เว้ารวมแสง

2) เลนส์นูนรวมแสง เลนส์เว้ากระจายแสง

3) กระจกนูนรวมแสง กระจกเว้ากระจายแสง

4) กระจกนูนกระจายแสง กระจกเว้ารวมแสง

นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่เลือกทั้งสองข้อหรือไม่

๑. มั่นใจ ๒. ไม่มั่นใจ

เฉลยคำตอบ

ตอนที่ 1	คำตอบที่ถูกต้อง คือ ก.
ตอนที่ 2	คำตอบที่ถูกต้อง คือ 2)
ตอนที่ 3	ตอบได้ทั้งสองข้อ

เกณฑ์การให้คะแนน

ถ้าตอบถูกทั้ง 3 ตอน ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดตอนใดตอนหนึ่งได้ 0 คะแนน

ภาพ 14 แสดงตัวอย่างแบบวัดมโนมติแบบวัดมโนมติแบบ 3 ตอน เรื่อง แสงและการมองเห็น

ที่มา: ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม, 2554

จากผลการศึกษางานวิจัย ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย ได้ดังนี้

ข้อดี คือ สามารถวิเคราะห์ผล และสรุปผลได้ง่าย มีความเป็นปรนัย และสะดวกในการใช้กับนักเรียนจำนวนมาก และสามารถจำแนกได้อย่างชัดเจนว่านักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อน ไม่ใช่ตอบแบบวัดผิดเพราะขาดความรู้

ข้อเสีย คือ ได้ข้อมูลอย่างจำกัด ไม่ชัดเจน ยากต่อการตีความข้อมูลในเชิงลึก

จากการศึกษาแนวทางการวัดมโนมติข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล ซึ่งประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา มีคำตอบ 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นคำถามเชิงเหตุผลของเนื้อหาในตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนเหตุผลอธิบาย ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยใช้ถามคำถามปลายเปิดจากตัวอย่างภาพเหตุการณ์ เพราะแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผลสามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมากและหลากหลาย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องตามประเด็น ส่วนการสัมภาษณ์จะช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากยิ่งขึ้น

แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างมโนมติ

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างมโนมติ ดังนี้

Ausubel and Robinson (1969 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558 น. 260) กล่าวว่า ในสมองของมนุษย์มีการจัดความรู้ต่างๆ ที่เรียนรู้อย่างมีระบบในลักษณะที่เป็นโครงสร้างที่เรียกว่า "โครงสร้างทางปัญญา" ซึ่งมีการจัดลำดับความสัมพันธ์เชื่อมโยงจากมโนมติที่กว้าง และครอบคลุมลงมาจนถึงมโนมติย่อยที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นการเรียนรู้ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ควรจะเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายที่นักเรียนนำการเรียนรู้ใหม่เข้าไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือมโนมติเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยความรู้ใหม่ที่ได้ เรียนรู้อย่างมีความหมายจะถูกเก็บไว้ในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง อันเป็นผลมาจากการดูดซึมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ และจะช่วยขยายมโนมติเดิมที่มีอยู่แล้ว

Bruner et al. (1978, pp.1-2 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558 น. 254) เสนอแนวคิดการสร้างมโนมติ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการจัดประเภท (categorizing process) มา ช่วยเหลือนักเรียนในการสร้างความเข้าใจและสร้างมโนมติในเรื่องที่เรียน ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. การก่อรูปมโนมติ (the act of concept formation) คือ กิจกรรมแรกที่นำไปสู่การเรียนรู้มโนมติ โดยการที่มนุษย์จะสร้างมโนมติของบางสิ่งได้ก่อนที่จะรู้ว่ามโนมตินั้นๆ คืออะไร กิจกรรมในขั้นตอนนี้จึงมีลักษณะที่เน้นการค้นหา หรือจำแนกประเภทของสิ่งต่างๆ

2. การรู้มโนมติ (the act of concept attainment) คือ กิจกรรมที่เกิดขึ้นหลังจากได้สร้างมโนมติแล้ว กล่าวคือ ได้จำแนกประเภทสิ่งต่างๆ ชัดเจนตามคุณลักษณะที่เหมือนกัน กิจกรรมในขั้นตอนนี้นักเรียนจะแสดงออกถึงมโนมติในเรื่องนั้นๆ

กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์ (2555, น. 46-47) สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติเกิดขึ้นจากปัจจัยหลายด้าน ได้แก่ ภาษา บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ ความเชื่อในแรงจูงใจและปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการ

เปลี่ยนแปลงมโนมติโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจและค้นหา และหาเหตุผลในกรณีที่ผลการทดลองที่ได้มีความขัดแย้งกับคำทำนาย นักเรียนจะต้องสร้างและแก้ไขปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ให้ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำนายผล (Predict: P) เป็นขั้นตอนการทำนายผลจากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดขึ้นมา โดยการทำนายนั้นต้องเกิดมาจากประสบการณ์เดิม

ขั้นที่ 2 การหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหา (Observe: O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยการทำการทดลอง การสังเกต การทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหาคำตอบว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

บุญถิ่น อินทร์วิเศษ (2556, น. 52-54) ได้ทำการวิจัย โดยนำทฤษฎีคอนสตรัคติวิส (Constructivist) มาใช้ออกแบบชุดสร้างความรู้ เพื่อการปรับเปลี่ยนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ชุดสร้างความรู้ดังกล่าวเป็นสื่อที่ช่วยสนับสนุนนักเรียนให้สามารถเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการเผชิญสถานการณ์ปัญหา ทำให้เกิดการไตร่ตรองความคิดซึ่งนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา โดยนักเรียนได้เป็นผู้ลงมือกระทำเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งมีหลักการออกแบบชุดสร้างความรู้ ดังนี้

1. กระตุ้นโครงสร้างทางปัญญา โดยการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาซึ่งนำไปสู่ศึกษาหาความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา

2. การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา ด้วยแหล่งการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการจัดแหล่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาและขยายแนวคิดด้วยนักเรียนเองอย่างเป็นหมวดหมู่เพื่อให้นักเรียนเข้าไปศึกษาค้นคว้าได้อย่างรวดเร็ว

3. ส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา ด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยการให้นักเรียนได้เรียนรู้แลกเปลี่ยน แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เพื่อร่วมกันแก้ปัญหาภายในกลุ่ม และมุมมองที่หลากหลาย โดยการแลกเปลี่ยนหรือสอบถามผู้เชี่ยวชาญ

4. ส่งเสริมและช่วยเหลือการสร้างความรู้ โดยใช้ฐานความช่วยเหลือ ซึ่งเป็นแนวทางหรือให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนเมื่อเจอปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จัดไว้สำหรับผู้ที่ต้องการ

ได้รับคำชี้แนะหรือแนวทางการแก้ปัญหา และการให้ความช่วยเหลือนักเรียนของผู้ฝึกสอน โดยการให้คำแนะนำ ให้ความรู้ในเชิงการรู้คิดและการสร้างปัญญา

สวนีย์ เพ็ชรพงศ์ (2557, น. 42-48) ได้ทำการวิจัย พบว่า การสอนให้เกิดมโนมติมีหลักการสำคัญ คือ ต้องคำนึงถึงความพร้อมและประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจมโนมติและนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะช่วยฝึกทักษะและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และช่วยให้นักเรียนเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้ผังมโนมติจะช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีระบบ สามารถแยกแยะองค์ประกอบสิ่งที่เรียนรู้ออกเป็นส่วนย่อย ทำให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และก่อให้เกิดการพัฒนามโนมติในเรื่องนั้นได้

ธิดารัตน์ ขอดจันทึก (2558, น. 29-30) ได้ทำการวิจัย พบว่า เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างชัดเจนร่วมกับการเรียนรู้โครงสร้างของความรู้ ทำให้เกิดการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายทั้งด้านมโนมติและวิธีการ โดยใช้ขั้นตอนการสอน 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นหาความรู้เดิม เป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดภาวะไม่สมดุลทางปัญญา เกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอเหตุการณ์ที่ชวนสงสัยเป็นการกระตุ้นนักเรียนหรือท้าทายให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา กิจกรรมที่ใช้ คือ การสร้างสถานการณ์ที่น่าสงสัย สถานการณ์ในชีวิตประจำวันหรือนำวิดีโอเหตุการณ์ที่น่าสนใจในมโนมตินั้น การซักถาม การอภิปราย การเล่าเหตุการณ์ และให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจ เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเกิดความสมดุลทางปัญญาโดยกระบวนการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา ความสมดุลจะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถผสมผสานความคิดนั้นให้กลมกลืนเข้ากันได้กับประสบการณ์เดิม และปรับเปลี่ยนแนวคิดเดิมที่คลาดเคลื่อนให้เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นนี้ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กิจกรรมที่ใช้ คือ ครูตั้งปัญหาจากเหตุการณ์ที่ครูเสนอ นักเรียนตั้งสมมติฐาน ทำการทดลองเพื่อรวบรวมหลักฐานและพิสูจน์หลักฐาน

ขั้นที่ 3 จัดทำโครงสร้างแนวคิดใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนพัฒนาความคิดของเขาเพิ่มขึ้นโดยผ่านกระบวนการรับรู้ทางกาย และกิจกรรมทางปัญญาจากความร่วมมือภายในกลุ่ม จะช่วยให้นักเรียนปรับปรุงความคิดรวบยอดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น กิจกรรมที่ใช้ คือ การรายงานผลการทดลอง การ

อภิปรายร่วมมือกันระหว่างครูและนักเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นที่ยอมรับและถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 การนำแนวคิดไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแนวความคิดรวบยอดที่ได้ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ หรือนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา และใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน กิจกรรมที่ใช้คือ การอภิปรายร่วมกันของครูกับนักเรียน การนำแนวคิดความรู้ไปใช้ในสถานการณ์หรือชีวิตประจำวันจริง

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ (2559, น. 7-8) ได้ทำการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้ความสำคัญกับการใช้คำถาม การตรวจสอบความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เน้นให้มีการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ การจัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เน้นกระบวนการสร้าง แสดงออกและอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลอง เพื่อให้เกิดการทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นและมีการประเมินการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการปรับปรุงมโนมติของตนเองให้มีความสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิด โดยครูใช้คำถามเพื่อสำรวจแนวคิดและความรู้เดิมของนักเรียนที่มีก่อนเรียน โดยให้นักเรียนอธิบายแนวคิดผ่านการเขียน การพูด หรือการวาดภาพประกอบ

ขั้นที่ 2 ประเมินและทบทวนแนวคิด โดยครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม และนำเสนอแนวคิดต่อเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนมีการปรับแนวคิดหรือค้นหาสิ่งที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ และเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้สร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ โดยนักเรียนนำแบบจำลองของกลุ่มไปนำเสนอต่อเพื่อนในชั้นเรียน ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ รับรู้แนวคิดของเพื่อน เพื่อให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนแนวคิดและมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นของตนเอง

ขั้นที่ 5 ประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง โดยนักเรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มและเมื่อพบว่าแบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองไปปรับปรุงและแก้ไขเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องสมบูรณ์

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างมโนมติข้างต้น ผู้วิจัย สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างมโนมติ ควรใช้สถานการณ์มากระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาให้นักเรียนเกิดความสนใจ เพื่อนำไปสู่การค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือมโนมติเดิมที่มีอยู่แล้วเข้ากับมโนมติใหม่ที่ได้รับ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวทางดังกล่าว เนื่องจากเป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจำเป็นต้องมีการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารมโนมติของตนเองออกมา ส่งผลให้นักเรียนรวมทั้งผู้สอนสามารถรับรู้มโนมติที่มีได้ สามารถตรวจสอบความถูกต้องของมโนมติที่มี และสามารถนำไปใช้ปรับปรุงแก้ไขมโนมติให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ต่อไปได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักการศึกษาได้นำเสนอไว้ ดังนี้

Gobert, & Buckley (2000 as cited in Buckley et al., 2004) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นอย่างต่อเนื่อง

Gilbert et al. (2000 อ้างถึงใน ธีรตา ชาติวรรณ, 2561 น. 44) กล่าวว่า กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้คิดหาแบบจำลองเพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น รู้จักปรับปรุงแบบจำลองหากไม่สามารถอธิบายผลการศึกษาได้

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557, น. 31) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การทำกิจกรรมในห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองโดยอาศัยความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ จากนั้นนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้เพื่อประเมินแบบจำลอง ถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ได้ดีก็จะสนับสนุน แต่ถ้าใช้ไม่ได้ผลอาจมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองใหม่หรือปฏิเสธแบบจำลองนั้น และขั้นตอนสุดท้ายคือการขยายแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ธีรตา ชาติวรรณ (2561, น. 45) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดกิจกรรมการสอนโดยเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ โดย

อาศัยความรู้เดิมและข้อมูลใหม่จากประสบการณ์ที่ได้รับแล้วรวบรวมเพื่อแสดงออกเป็นแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ในรูปแบบภาษา สัญลักษณ์ และรูปวาด และนำแบบจำลองนั้นมาประเมินเพื่อตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน และเพื่อนในห้อง

จากการศึกษาความหมายของข้างต้น ผู้วิจัย สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับจากประสบการณ์เรียนรู้ถ่ายทอดออกมาในรูปแบบของการสร้างแบบจำลอง ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบภาษา สัญลักษณ์ หรือรูปวาด

รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักการศึกษาได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

Gobert, & Buckley (2002 อ้างถึงใน ธีรตา ชาติวรรณ, 2561 น. 47) ได้เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูผู้สอนทำการประเมินและทบมวนแนวคิด เนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง แต่เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่อยู่ภายในสมองของนักเรียน ซึ่งครูผู้สอนไม่สามารถเข้าถึงได้ ดังนั้นในขั้นนี้ครูผู้สอนจึงต้องทำการสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบาย

ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรมและสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น เขียนเป็นแผนผังแนวคิด โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรืออธิบายได้บางส่วน นักเรียนจะต้องปรับปรุงหรือแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงหรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Justi and Gilbert (2002 อ้างถึงใน ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2558 น. 57-59) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถนำไปใช้สาธิตวิธีการทำงานหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่สับซ้อน รวมทั้งเป็นตัวแทนทางความคิดของนักเรียน ซึ่งครูสามารถนำไปใช้ตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นการสอน 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง

Baek et. al (2013, pp. 37-39) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (Anchoring Phenomena and Central Question) โดยการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจซึ่งสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน มีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตั้งคำถามสำคัญเพื่อให้เกิดการคิดสมมติฐานและสนใจที่จะหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Construct an Initial Model) โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคลเพื่อแสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา ด้วยภาพวาด ซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในปรากฏการณ์

ขั้นที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirical Investigations) โดยให้นักเรียนแลกเปลี่ยนสมมติฐานกันในกลุ่ม ทำการสำรวจตรวจสอบ โดยวางแผนการสำรวจตรวจสอบ นำเสนอการทดลอง ศึกษาความสัมพันธ์ สังเกตผลการสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นโดยใช้แบบจำลองที่แสดงด้วยผังกราฟิกหรือสมการคณิตศาสตร์มาอธิบายผล

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (Evaluate and Revise the Initial Model) โดยให้นักเรียนประเมินแบบจำลองเบื้องต้นโดยใช้หลักฐานที่ค้นพบจากขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

ขั้นที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (Introduce Scientific Ideas and Simulations) โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ด้วยการสำรวจตรวจสอบซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากสถานการณ์จำลอง และอภิปรายถึงความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์จำลอง ซึ่งจะช่วยให้ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (Evaluate and Revise the Model) โดยการให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์

ขั้นที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน (Peer Evaluation) โดยนักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มนำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเพื่อประเมินแบบจำลองภายในกลุ่มย่อย โดยแต่ละคนจะให้ผลสะท้อนกลับ

ขั้นที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง (Construct a Consensus Model) โดยการให้นักเรียนแต่ละคนหรือตัวแทนของกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน จากนั้นร่วมกันเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลอง นำลักษณะสำคัญที่แต่ละคนนำเสนอมาสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียน และสรุปความคิดสำคัญเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติ

ขั้นที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (Use the Model to Predict or Explain) โดยการนำแบบจำลองที่เป็นมติไปใช้ทำนายอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับในตอนต้น

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557, น. 35-36) ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามรูปแบบของ Clement (2008) เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generation phase) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองขึ้นมาจากแบบจำลองความคิดของนักเรียน โดยครูใช้คำถามหรือสถานการณ์กระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมามากที่สุด

ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (Evaluation phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยในขั้นตอนนี้ครูอาจจะใช้ยุทธวิธีต่างๆ เช่น การสร้างแบบจำลอง การทดลอง การอุปมาอุปไมย การใช้เหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน ภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์หรือใช้ข้อมูลจากสื่อประกอบ

ขั้นที่ 3 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (Revise phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องกลับมาประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกอีกครั้งหนึ่งเพื่อพัฒนาแบบจำลองให้เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) โดยในขั้นนี้นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน รวมทั้งครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนในบางประเด็น

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaboration phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายข้อมูลหรือสถานการณ์อื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ในขั้นนี้ครูอาจจะชี้ให้นักเรียนได้เห็นถึงของเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558, น. 131-133) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (generating model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ให้นักเรียนทำนายผลของการปฏิบัติและการอธิบายเหตุผลการทำนาย

ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ขั้นนี้ควรฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ นักเรียนต้องตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying model) ขั้นนี้นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (elaborating model) นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างและได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ได้หรือไม่

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ (2559, น. 7-8) นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามรูปแบบของ Gobert and Buckley (2002) เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิด โดยครูใช้คำถามเพื่อสำรวจแนวคิดและความรู้เดิมของนักเรียนที่มีก่อนเรียน โดยให้นักเรียนอธิบายแนวคิดผ่านการเขียน การพูด หรือการวาดภาพประกอบ

ขั้นที่ 2 ประเมินและทบทวนแนวคิด โดยครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม และนำเสนอแนวคิดต่อเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนมีการปรับแนวคิดหรือค้นหาสิ่งที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ และเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้สร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ โดยนักเรียนนำแบบจำลองของกลุ่มไปนำเสนอต่อเพื่อนในชั้นเรียน ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ รับรู้แนวคิดของเพื่อน เพื่อให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนแนวคิดและมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นของตนเอง

ขั้นที่ 5 ประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง โดยนักเรียนประเมินแบบจำลองของกลุ่มและเมื่อพบว่าแบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองไปปรับปรุงและแก้ไขเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องสมบูรณ์

ธีรตา ชาติวรรณ (2561, น. 54) ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามรูปแบบของ Gilbert & Justi (2016) ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโควาเลนต์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับ เพื่อให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาอธิบายปรากฏการณ์นั้น

ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง แสดงออกแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ

ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์

ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง นำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานข้างต้น ผู้วิจัย สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ผ่านการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวช่วยพัฒนาระบบความคิดและการใช้เหตุผลในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการพูดหรือเขียนของนักเรียนได้ และเมื่อพิจารณาธรรมชาติเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ พบว่ามีลักษณะเนื้อหาเชิงนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นหรือจับต้องได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยจินตนาการร่วมในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากหลักฐานเชิงประจักษ์จึงไม่เพียงพอต่อการเกิดมโนมติที่สมบูรณ์ จำเป็นต้องมีการใช้สถานการณ์จำลองมาช่วยขยายแนวคิดของนักเรียน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Baek et. al (2013) มาใช้ในงานวิจัยนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

1. ที่มาและความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

ในปี 2009 Hamin Baek และคณะ ซึ่งเป็นคณะผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยมิชิแกน ได้เข้าร่วมโครงการออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Modeling Design for Learning science: MoDeLS project) ได้ร่วมกันพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยทำการปรับปรุงรูปแบบการสอนมาจากการสืบสอบแบบแนะแนวทางและการเรียนการสอนการสร้างแบบจำลองของ (EIMA) ของ Schawrz and Gwekwerere (2007) และการสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) ของ White and Schawrz (1999) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้าง การประเมิน และการสื่อสารความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Baek et al., 2013)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) คือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้น การปฏิบัติ การสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการใช้วาทกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบความคิดและการให้เหตุผลเพื่ออธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการพูดหรือเขียน โดยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Practice) ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การหารือการเกี่ยวกับแบบจำลองและมโนมติทางวิทยาศาสตร์การประเมินโดยเพื่อน การโต้แย้งเพื่อลงมติสร้างแบบจำลอง และการให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling Practice) โดยนักเรียนทำการสร้างแบบจำลองเพื่อตั้งสมมติฐาน และใช้แบบจำลองทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำการปรับปรุง ปรับปรุงแก้ไขและประเมินแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์และความรู้ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น

3) เพื่อให้นักเรียนสามารถสะท้อนความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ และส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต และการอภิปราย หรือเรียนรู้การสร้างความรู้จากการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) มีพื้นฐานแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง คือ 1) ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ และ 2) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่เน้นให้เกิดกระบวนการสร้างความรู้ที่เหมาะสมต่อนักเรียนแต่ละบุคคล ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการได้รับประสบการณ์และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นด้านสติปัญญา (Cognitive Constructivism) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดของเพียเจต์ โดยแนวคิดทฤษฎีนี้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการพยายามเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ แล้วเกิดการสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญาที่เรียกว่า สกีมา (Schema) หรือ แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) ในสมอง ซึ่งโครงสร้างทางปัญญาเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อนักเรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาใหม่ที่มีความขัดแย้งทางปัญญา นักเรียนจะต้องพยายามปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่สภาวะสมดุล ผ่านกระบวนการรับข้อมูลใหม่ที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปในโครงสร้างทางปัญญา แล้วทำการเชื่อมโยงความรู้ใหม่หรือข้อมูลข่าวสารที่ได้รับกับความรู้ที่มีอยู่เดิม จนกระทั่งนักเรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาให้กลับเข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ อาจกล่าวได้ว่าความรู้ที่สร้างขึ้นเป็นความรู้ที่ผ่านกระบวนการคิดพิจารณาและไตร่ตรองของนักเรียน ดังนั้นครูจึงควรจัดเตรียมสิ่งแวดล้อมในการจัดการเรียนรู้ที่มีความท้าทายและน่าสนใจ เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสำรวจ ค้นคว้า เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.2.2 ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิส (Social Constructivism) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดไวก็อตสกี้ที่เชื่อว่า ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการใช้ชีวิตในสังคมจะช่วยให้เกิดการพัฒนาการทางด้านภาษาและพัฒนาการทางด้านสติปัญญาที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยนักเรียนแต่ละคนมีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ตนเป็นอยู่ และมีระดับพัฒนาการทางด้านสติปัญญาที่นักเรียนมีศักยภาพที่จะพัฒนาได้ ซึ่งระยะห่างระหว่างพัฒนาการทางสติปัญญาที่ตนเป็นอยู่และพัฒนาทางด้านสติปัญญาที่มีศักยภาพที่พัฒนาได้เรียกว่า Zone of proximal Development (ZPD) ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีระยะห่างนี้แตกต่างกัน ดังนั้นหน้าที่ของครูที่จะจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนเกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญาไปสู่ขั้นสูงสุดที่นักเรียน

แต่ละคนมีศักยภาพที่จะพัฒนาได้ และนักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นไม่ว่าจะเป็น เพื่อน ครู นักเรียน และบุคคลอื่นในสังคม

จากแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้ดังนี้

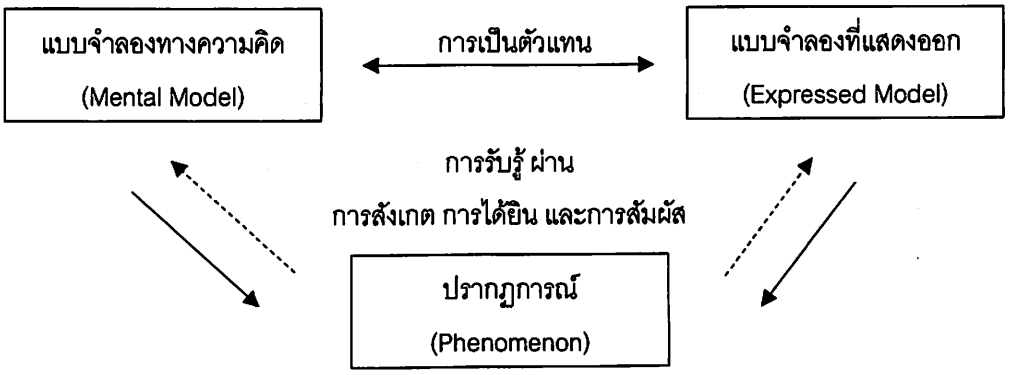
1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ และจัดระบบความรู้ด้วยตนเอง

2) การเรียนรู้เกิดขึ้นจากการได้รับความรู้หรือข้อมูลที่มีความขัดแย้งกับความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน และการเรียนรู้สามารถเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและมีคนอื่น เช่นครูผู้สอน เพื่อนร่วมชั้นเรียน ผู้ปกครอง เป็นต้น

3) นักเรียนมีศูนย์กลางของการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.2 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory)

ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง เป็นทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ออกมาเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิดและปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเมื่อบุคคลได้รับรู้หรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จะเกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นการสร้างความคิดภายใน (Internal representational) หรือเป็นการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยบุคคลสามารถถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมผ่านการพูดเขียน อธิบาย หรือวาด ให้กลายเป็นแบบจำลองที่แสดงออกภายนอก (External representational) ที่เป็นรูปธรรม หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยความเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองที่แสดงออกสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ ดังภาพ 15



หมายเหตุ เส้นประ (----) หมายถึง การรับรู้

เส้นทึบ (——) หมายถึง การเป็นตัวแทน

ภาพ 15 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) และ ปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา

ที่มา: Buckley and Boulter, 2000, p. 121

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต และการอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้ (Baek et al., 2013)

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นรายบุคคลที่แสดงการคิดสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองเบื้องต้นที่แสดงด้วยภาพวาด

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การให้นักเรียนทำงานกลุ่มแลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นแบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยสร้างแบบจำลองที่นำเสนอแผนการศึกษาค้นคว้าหรือการปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์และนำเสนอผลโดยสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิก หรือสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจนจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และมีอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์จำลองกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นการให้นักเรียนนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง เพื่อสนับสนุนความสอดคล้องระหว่างข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน เป็นการให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคลและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีการสะท้อนผลกลับซึ่งกันและกัน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง เป็นการให้นักเรียนตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียนจากการอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันมาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน และให้นักเรียนสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติเป็นรายบุคคล

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย เป็นการให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่เป็นมติไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ในปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม (2554) ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์และการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์และการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 64 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการ

จัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนมติ และแบบวัดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์และการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์และการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE) ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้วิธี POE ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกประจำวัน แบบสังเกตการสอน แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร และแบบสัมภาษณ์นักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 31 มโนมติ และมีผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธี POE นักเรียนสูงกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 27 ข้อจากแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 30 ข้อ

สวนีย์ เพ็ชรพงศ์ (2557) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการสร้างผังมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการสร้างผังมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ผังมโนมติ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัย

ได้วิเคราะห์ผังมโนมติตามกลุ่มลำดับความเข้าใจเป็น 5 กลุ่ม ตามเกณฑ์ของ Westbook and Marek และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์กับเกณฑ์ร้อยละ 75 สำหรับสถิติที่ใช้ในวิเคราะห์ ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนที่มีความเข้าใจที่สมบูรณ์มากที่สุด ในเรื่อง นัยน์ตากับการมองเห็น และการมองเห็น คิดเป็นร้อยละ 20.50 และมีความเข้าใจที่สมบูรณ์น้อยที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนของแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อน คิดเป็นร้อยละ 2.56 ส่วนหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนที่มีความเข้าใจที่สมบูรณ์มากที่สุด ในเรื่อง การมองเห็น คิดเป็นร้อยละ 66.67 และมีความเข้าใจที่สมบูรณ์น้อยที่สุด ในเรื่อง การหักเหของแสงและการใช้ประโยชน์ คิดเป็นร้อยละ 25.64 และนักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์มากที่สุด ในเรื่องการดูดกลืนแสงของวัตถุสีต่างๆ คิดเป็นร้อยละ 41.03 นอกจากนี้ผลการทดสอบยังพบอีกว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนมติ

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนมติ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนมติ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 102 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดมโนมติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิตค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับพอใช้ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบการเคลื่อนที่ หลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 70.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

ภาณุ บุตรวิเศษ (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ต่อมโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการวิจัย

เชิงปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์เพื่อผลการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ต่อมโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 4 จำนวน 22 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS วิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี แบบบันทึกหลังการสอน แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ใบงาน/ใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติ แบบวัดมโนมติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยการหาค่าเฉลี่ยร้อยละ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ MCIS วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนที่มีคะแนนมโนมติ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

รัตนาพร ประพันธ์วิทย์ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องระบบย่อยอาหารโดยใช้ MCIS ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหารโดยใช้ MCIS ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัดมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถช่วยพัฒนามโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนได้ โดยภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่สมบูรณ์ และมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามนักเรียนบางส่วนยังคงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหา เรื่อง การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตที่มีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์ ส่วนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนามากที่สุด คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย รองลงมา คือ การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย ตามลำดับ

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรม การ

สัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเป็นร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การระเหย ในด้านการสร้างและการประเมินแบบจำลองอยู่ระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.75 ทั้งสองด้าน) ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ระดับดีมาก (ร้อยละ 50) และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50)

Campbell et al. (2012) ได้ศึกษากลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำการศึกษากับนักเรียนระดับชั้น เกรด 9 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การบันทึกวีดิโอและเปรียบผลระหว่างนักเรียน 2 ห้องเรียน พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์และระบุลักษณะเฉพาะโดยใช้แบบจำลองได้ รวมทั้งเกิดแรงจูงใจในการทำกิจกรรม โดยให้ความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

Baek et al. (2013) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสาร โดยใช้ MCIS ของนักเรียนชั้นเกรด 5 ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสาร และสร้างความสนใจต่อการสร้างแบบจำลองทางวิทยาสาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นเกรด 5 จำนวน 24 คน ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัด การบันทึกวิดิทัศน์ และการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลองและการสื่อสารด้วยแบบจำลอง และจากผลการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่านักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบของการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมาย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามแนวคิดแบบดั้งเดิมของ Kemmis ผนวกกับ Schmuch (Kemmis, 1988; Schmuck, 2006 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan) เป็นการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไข กำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และหาวิธีการปฏิบัติที่จะนำไปสู่เป้าหมาย จากนั้นนำวิธีการปฏิบัตินั้นไปดำเนินการในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Action) เป็นการปฏิบัติการตามแผนในขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe) เป็นการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงขณะปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปว่าวิธีใดให้ผลดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect) เป็นการนำผลสรุปจากขั้นตอนที่ 3 มาสะท้อนผลและประเมินการปฏิบัติ จะทำให้ได้แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและวางแผนปฏิบัติต่อไป

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครสวรรค์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน 40 คน โดยเลือกแบบ

เจาะจง (Purposive sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการสอน พิจารณาจากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ และผลงานของนักเรียน ซึ่งมีหลักฐานแสดงในบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครู

บริบทของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอซุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ โดยนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนจากห้องเรียนปกติที่มีชั่วโมงการเรียนวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนห้องเรียนปกติอื่น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเอาใจใส่ในการเรียน มีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และมีความรับผิดชอบอยู่ในระดับปานกลาง นักเรียนให้ความสำคัญกับคะแนนแต่ละรายวิชาในระดับปานกลาง ผู้ปกครองมีความพร้อมและดูแลเอาใจใส่นักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

บริบทของห้องเรียนที่ใช้ในการวิจัย เป็นห้องเรียนปกติขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียน ภายในห้องมีโทรทัศน์ขนาด 50 นิ้ว จำนวน 1 เครื่อง มีกระดานไวท์บอร์ดอยู่หน้าชั้นเรียน มีการจัดโต๊ะเรียนเป็นกลุ่ม โดยโต๊ะ 1 ตัว นักเรียนสามารถนั่งได้สูงสุดกลุ่มละ 6 คน มีพัดลม และแสงสว่างเพียงพอต่อการเรียน

บริบทของโรงเรียน เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ประจำอำเภอซุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ มีนักเรียนทั้งหมด 2,000 คน โดยมีนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 352 คน แบ่งออกเป็น 10 ห้องเรียน แต่ละห้องมีนักเรียนเฉลี่ยประมาณห้องละ 35 คน ซึ่งมีความสามารถและผลสัมฤทธิ์การเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน และแบ่งห้องเรียนตามความถนัดของนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจเลือกสายการเรียนตามคะแนนสอบและความถนัดของตนเอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 3 แผน ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ทัศนอุปกรณ์ จำนวน 4 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2.2 แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2.3 แบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าวข้างต้น มีรายละเอียดและขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งสามารถสรุปความสอดคล้องของสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังตาราง 4

1.3 ศึกษาขอบเขตเนื้อหาและมโนมติหลัก เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงความสอดคล้องของสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และมโนมติหลัก เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

หัวข้อหลัก	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ		
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง		
1. การสะท้อนของแสง 2. การเกิดภาพจากกระจกเงา	ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง	1. นักเรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสงได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้ 3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาได้

ตาราง 4 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง (ต่อ)		
	ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้	4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ 5. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้ 6. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้ 7. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง		
1. การหักเหของแสง 2. การสะท้อนกลับหมด 3. การกระจายแสงของแสงขาว	ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหของแสงเมื่อแสงผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกันได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการสะท้อนกลับหมดของแสงได้ 3. นักเรียนสามารถอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมได้ 4. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากการหักเหของแสงได้

ตาราง 4 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง (ต่อ)		
		5. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการกระจายแสงของแสงขาวโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ 6. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการกระจายแสงของแสงขาวได้ 7. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการกระจายแสงของแสงขาวโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้ 8. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสงได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์		
1. การเกิดภาพจากเลนส์ 2. การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์	ม.3/16 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากเลนส์ได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ได้ 3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์ได้ 4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์อย่างง่ายโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้

ตาราง 4 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ (ต่อ)		
	ม.3/18 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	5. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการเกิดภาพจากเลนส์ได้ 6. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์อย่างง่ายโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้ 7. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์อย่างง่ายได้

1.4 ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการและวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสรุปลำดับขั้นตอนการสอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นรายบุคคลที่แสดงการคิดสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองเบื้องต้นที่แสดงด้วยภาพวาด

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การให้นักเรียนทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นแบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยสร้างแบบจำลองที่นำเสนอแผนการศึกษาค้นคว้าหรือการปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์และนำเสนอผลโดยสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด หรือกราฟิก

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจนจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และมีอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์จำลองกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นการให้นักเรียนนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง เพื่อสนับสนุนความสอดคล้องระหว่างข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน เป็นการให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคลและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีการสะท้อนผลกลับซึ่งกันและกัน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง เป็นการให้นักเรียนตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียนจากการอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันมาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน และให้นักเรียนสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติเป็นรายบุคคล

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย เป็นการให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่เป็นมติไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ในปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกัน

1.5 ศึกษาและวิเคราะห์ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

1.6 ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งมีทั้งหมดจำนวน 3 แผน 12 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ทัศนอุปกรณ์ จำนวน 4 ชั่วโมง

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วน ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมินผล รวมทั้งความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ มีทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนซึ่งเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และมีประสบการณ์สอนในเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ไม่ต่ำกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ดังนี้

ระดับการประเมิน 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสมน้อย
1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสมน้อยที่สุด

1.8 รวบรวมผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมาคำนวณค่าเฉลี่ยและแปลความหมายความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	ระดับการประเมิน	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	ระดับการประเมิน	เหมาะสมมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	ระดับการประเมิน	เหมาะสมปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	ระดับการประเมิน	เหมาะสมน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	ระดับการประเมิน	เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม และจากผลการประเมินในภาพรวม พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.79) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67) และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.63) ดังนั้นทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้จึงผ่านเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยตั้งไว้ แต่ผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำเพิ่มเติมให้ปรับภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความถูกต้อง เป็นทางการ และมีความชัดเจนมากขึ้น

1.9 แก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนั้นไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของครูและนักเรียนในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ซึ่งภายในแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ จะเป็นข้อคำถามที่ผู้สังเกตจะต้องเขียนตอบในประเด็นที่เกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะดำเนินการสอน สภาพปัญหา และแนวทางแก้ไข โดยผู้ที่ทำการบันทึกแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 2 คน คือ ครูผู้สอน(ผู้วิจัย) ทำการบันทึกข้อมูล หลังดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้บันทึกอีกหนึ่งคน คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ซึ่งเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอนอยู่ ซึ่งจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลขณะที่ผู้วิจัยกำลังดำเนินการสอนอยู่ในชั้นเรียน สำหรับขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการและวิธีการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

2.1.2 กำหนดขอบเขตของพฤติกรรมของครูและนักเรียนที่ควรได้รับการประเมินในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

2.1.3 ดำเนินการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตของพฤติกรรมของครูและนักเรียนที่ควรได้รับการประเมินในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

2.1.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง ครบถ้วน และให้ข้อเสนอแนะ โดยผู้เชี่ยวชาญ มีทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนซึ่งเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และมีประสบการณ์สอนในเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ไม่ต่ำกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน

2.1.5 แก้ไขปรับปรุงแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ

2.1.6 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เสร็จสมบูรณ์ไปใช้เก็บข้อมูลการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.2 แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

แบบบันทึกกิจกรรมเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละวงจรการปฏิบัติ เพื่อสะท้อนถึงการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS โดยนักเรียนจะเป็นผู้เขียนบันทึกทุกครั้งที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบบบันทึกกิจกรรมนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.2.1 ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการและวิธีการสร้างแบบบันทึกกิจกรรม

2.2.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้และขอบเขตเนื้อหาของเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2.2.3 ศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

2.2.4 ดำเนินการสร้างแบบบันทึกกิจกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้และขอบเขตเนื้อหาของเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2.2.5 นำแบบบันทึกกิจกรรมที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วน ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมินผล รวมทั้งความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ มีทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนซึ่งเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และมีประสบการณ์สอนในเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ไม่ต่ำกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน

2.2.6 แก้ไขปรับปรุงแบบบันทึกกิจกรรมตามคำแนะนำของคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ

2.2.7 นำแบบบันทึกกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนั้น ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

2.3 แบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

แบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัยนี้ สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดมโนมติของนักเรียน โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดมโนมติก่อนเรียน จำนวน 14 ข้อ และแบบวัดมโนมติหลังเรียน จำนวน 14 ข้อ ซึ่งข้อสอบทั้ง 2 ชุดมีลักษณะเป็นข้อสอบแบบคู่ขนานกัน สำหรับรูปแบบของข้อสอบเป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา มีคำตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งสร้างจากมโนมติที่ถูกต้องและมโนมติที่คลาดเคลื่อนจากการศึกษางานวิจัยและประสบการณ์สอนในชั้นเรียนของผู้วิจัยเอง ส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 เป็นแบบเขียนตอบอธิบายเหตุผล ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.3.1 ศึกษาสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อกำหนดขอบเขตของมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่ต้องการจะวัด ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 มโนมติหลัก ได้แก่ การสะท้อนของแสง การเกิดภาพจากกระจกเงา การหักเหของแสง การสะท้อนกลับหมด การกระจายของแสงขาว การเกิดภาพจากเลนส์ และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์

2.3.2 ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดมโนมติในรูปแบบต่างๆ เพื่อหาลักษณะของแบบวัดมโนมติที่สอดคล้องกับขอบเขตเนื้อหาและบริบทของงานวิจัย

2.3.3 จัดทำตารางวิเคราะห์มโนมติเพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งแสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงกรอบในการสร้างแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

ตัวชี้วัด	มโนมติหลัก	คำถามข้อที่
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง		
ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง	1. การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวของวัตถุทุกชนิด แสงจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง โดยรังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน	1 - 2

ตาราง 5 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	มโนมติหลัก	คำถามข้อที่
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง		
ม.3/14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้	2. การเกิดภาพจากกระจกเงา ภาพจากกระจกเงาเกิดจากรังสีสะท้อนตัดกันหรือต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน โดยถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริงจะเกิดภาพจริง แต่ถ้าต่อแนวรังสีสะท้อนให้ไปตัดกัน จะเกิดภาพเสมือน และสามารถเกิดได้ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังกระจก	3 - 4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง (ต่อ)		
ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์	3. การหักเหของแสง เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน จะทำให้ทิศทางของแสงเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากอัตราเร็วแตกต่างกัน เกิดการหักเหเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้ง 2 ชนิด	5 – 6
ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้	4. การสะท้อนกลับหมด เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางโปร่งใสที่แสงมีอัตราเร็วน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วมากกว่า ด้วยมุมตกกระทบมีขนาดมากกว่ามุมวิกฤติจะเกิดการสะท้อนกลับหมดในตัวกลางที่แสงตกกระทบนั้น	7 – 8

ตาราง 5 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	หัวข้อ/มโนมติหลัก	คำถามข้อที่
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง (ต่อ)		
	5. การกระจายแสงของแสงขาว แสงขาวประกอบด้วย 7 แสงสีรวมกัน ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมหรือตัวกลางใดๆ ที่ไม่ใช่อากาศจะเกิดการหักเหต่างกัน กระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ เรียกว่า สเปกตรัมของแสงขาว โดยค่ามุมเบี่ยงเบนจะแปรผกผันกับความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ ซึ่งแสงสีม่วงจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด และแสงสีแดงจะมีมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด	9 - 10
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์		
ม.3/16 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ม.3/18 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	6. การเกิดภาพจากเลนส์ ภาพจากเลนส์เกิดจากรังสีหักเหตัดกันหรือต่อแนวรังสีให้ตัดกัน โดยถ้ารังสีหักเหตัดกันจริงจะเกิดภาพจริง แต่ถ้าต่อแนวรังสีหักเหให้ตัดกันจะเกิดภาพเสมือน และสามารถเกิดได้ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังเลนส์	11 – 12
	7. การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ หากนำเลนส์บางหรือกระจกโค้งทรงกลมอันหนึ่งมารับภาพจากเลนส์บางหรือกระจกโค้งทรงกลมอีกอันหนึ่ง จะทำให้เกิดภาพใหม่ขึ้น เนื่องจากภาพจากเลนส์บางหรือกระจกโค้งทรงกลมอันหนึ่ง จะกลายเป็นวัตถุให้กับเลนส์บางหรือกระจกโค้งทรงกลมอีกอันหนึ่ง	13 - 14

2.3.4 ดำเนินการสร้างแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ตามขอบเขตที่กำหนดไว้

2.3.5 กำหนดเกณฑ์การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1998, p. 361-374) ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound understanding: SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial understanding with a Specific misconception: PU&SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

4) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific misconception: SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

5) กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

2.3.6 นำแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วน ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และให้ข้อเสนอแนะ โดยผู้เชี่ยวชาญ มีทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนซึ่งเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และมีประสบการณ์สอนในเนื้อหา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ไม่ต่ำกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน

2.3.7 รวบรวมผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่า ผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 14 ข้อมีข้อคำถามในแบบวัดมโนมติที่ผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ดังนี้

1) แบบวัดมโนมติก่อนเรียน ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 ข้อ และมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงแก้ไขแบบวัดมโนมติดังนี้

คำถามข้อที่ 1 ควรตัดภาพประกอบออก เนื่องจากลักษณะในภาพคือพื้นผิวเรียบ อาจสื่อถึงตัวเลือกคำตอบที่มีลักษณะผิวเรียบ อีกทั้งข้อคำถามมีความชัดเจนอยู่แล้วไม่จำเป็นต้องมีภาพประกอบ

คำถามข้อที่ 6 ควรตัดภาพประกอบออก เพราะอาจทำให้นักเรียนสับสนทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง

คำถามข้อที่ 7 อาจเกิดความสับสนเรื่องความหนาแน่น หากให้นิยามว่าวัตถุใดมีความหนาแน่นมากกว่ากันได้จะดีมาก เช่น $\rho_{น้ำ} > \rho_{อากาศ}$ เป็นต้น

คำถามข้อที่ 9 คำถามข้อนี้วัดความจำจากบทเรียน ควรเปลี่ยนลักษณะคำถาม

คำถามข้อที่ 11 คำถามไม่ชัดเจน ควรระบุเลนส์นูนหรือเลนส์เว้า

คำถามข้อที่ 14 คำถามข้อนี้วัดความจำจากบทเรียน ควรเปลี่ยนลักษณะคำถาม

2) แบบวัดมโนมติหลังเรียน ผ่านเกณฑ์ จำนวน 12 ข้อ และมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 2 ข้อ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงแก้ไขแบบวัดมโนมติดังนี้

คำถามข้อที่ 9 คำถามข้อนี้วัดความจำจากบทเรียน ควรเปลี่ยนลักษณะคำถาม

คำถามข้อที่ 14 คำถามข้อนี้วัดความจำจากบทเรียน ควรเปลี่ยนลักษณะคำถาม

2.3.8 แก้ไขปรับปรุงแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ตามคำแนะนำของคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญ

2.3.9 นำแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่เสร็จสมบูรณ์ไปใช้เก็บข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

การเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทราบถึงรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเข้าใจรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ก่อนที่จะดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ดำเนินการวัดมโนมติของนักเรียนก่อนเรียน ด้วยแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 3 แผน รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยระหว่างดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งบันทึกโดยตัวผู้วิจัยเอง และผู้เชี่ยวชาญอีก 1 ท่าน พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนหลังการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

4. หลังดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการวัดมโนมติของนักเรียนหลังเรียนด้วยแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

5. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกตามเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

1.1 หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 1 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ซึ่งบันทึกโดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ มาจัดกลุ่มประเด็นต่างๆ ที่ได้จากการสะท้อนผลร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ โดยสะท้อนออกมาในลักษณะของข้อดี ปัญหา และแนวทางแก้ไข

1.2 ทำการปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข โดยนำข้อดีไปปรับประยุกต์ใช้ และปรับปรุงข้อบกพร่องในวงจรถัดไปจนครบ 3 วงจร เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

1.3 สรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ออกมาเป็นขั้นตอนการสอน

2. แบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2.1 นำแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนแต่ละคน มาตรวจและตีความข้อมูลรายมโนมติ โดยผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบและแบ่งกลุ่มคำตอบเพื่อจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนแต่ละคน ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบของ Simpson and Marek

2.2 นำแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนทุกคนที่ผ่านการตรวจแล้ว มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยร้อยละ ของจำนวนนักเรียนตอบที่จัดอยู่ในแต่ละกลุ่มมโนมติ

2.3 นำผลการจัดกลุ่มมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS มาเปรียบเทียบกัน แล้วสรุปผลออกมา

3. แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

3.1 นำแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนแต่ละคน มาตีความข้อมูลรายมโนมติ โดยผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบและแบ่งกลุ่มคำตอบเพื่อจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนแต่ละคน ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบของ Simpson and Marek แล้วสรุปผลออกมาเช่นเดียวกับแบบวัดมโนมติ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการทำวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดมโนมติ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้เครื่องมือที่ในการปฏิบัติการ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ทัศนอุปกรณ์ จำนวน 4 ชั่วโมง และใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ โดยผู้ที่ทำการบันทึกแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 2 คน คือ ครูผู้สอน(ผู้วิจัย) ทำการบันทึกข้อมูลหลังดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบแผนการจัดการเรียนรู้ และผู้บันทึกอีกหนึ่งคน คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ซึ่งเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอนอยู่ จะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลขณะที่ผู้วิจัยกำลังดำเนินการสอนอยู่ในชั้นเรียน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยปฏิบัติการโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง ในคาบเรียนปกติเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของครูและ

นักเรียนในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้ข้อมูลแบ่งตามขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1.1 ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไข เพื่อกำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนไปสู่จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ โดยผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสะท้อนของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำวิธีการปฏิบัตินั้นไปดำเนินการในขั้นต่อไป

1.2 ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Action)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

ผู้วิจัยเริ่มต้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน นั่นคือ ภาพตัวอักษรที่ติดอยู่ ด้านหน้าของรถพยาบาล และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับภาพ ดังกล่าว จากนั้นให้กล่าวอธิบายเพิ่มเติมและเชื่อมโยงเหตุผลที่รถพยาบาลต้องเขียนคำว่า "AMBULANCE" กลับด้าน ให้นักเรียนเข้าใจว่าเป็นผลที่เกิดจากการสะท้อนของแสง เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

ผู้วิจัยแจกแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1 การสะท้อนของแสง ให้นักเรียนแต่ละคน และมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1. โดยให้นักเรียนแต่ละคนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับ สถานการณ์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรม ด้วยวิธีการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพจากเหตุการณ์รถพยาบาล

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

ผู้วิจัยจัดแบ่งนักเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม โดยมีสมาชิกกลุ่มละ 4 - 5 คน ด้วยวิธีสุ่มเลือกตามเลขที่ มอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มแลกเปลี่ยนภาพวาดที่แสดงถึงสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ กำหนดให้ในกิจกรรมที่ 1 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบภาพวาดของตนเองกับเพื่อน จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่ กิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 โดยให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม และตรวจสอบความ เข้าใจในการอ่าน โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิด ต่อมาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการ สะท้อนของแสง โดย ระบุตัวแปร สมมติฐานในการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วย ตนเอง และจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดลง

ในใบกิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 และปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ สังเกต บันทึกผลลงในตาราง สรุปผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอข้อมูล ซึ่งในระหว่างนี้ผู้วิจัยจะคอย ช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่นักเรียนแต่ละกลุ่มตลอดการทำกิจกรรม เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม ทดลองเสร็จแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองของตนเองหน้าชั้นเรียน ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทำกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่กิจกรรมตอนที่ 2 โดยใช้ คำถามเชื่อมโยงกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยมีกระบวนการเช่นเดียวกับการดำเนินการกิจกรรมตอนที่ 1 และเมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมทั้งสองตอนแล้ว ผู้วิจัยจึงมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกความรู้ที่ได้จากการอภิปรายตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 ลงในใบกิจกรรมที่ 2 เพื่อสรุปทบทวนความรู้ที่ได้อีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

ผู้วิจัยตั้งคำถามเพื่อใช้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนที่ 3 เพื่อชักนำให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นเปิดโอกาสนักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2.

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

ผู้วิจัยนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 3 โดยการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวราบกับผิวขรุขระพร้อมกัน ในระหว่างนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนตลอดการทำกิจกรรม เมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1. จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่สถานการณ์จำลองที่ 2 โดยกล่าวเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์จำลองที่ 1 ด้วยคำถามกระตุ้นการคิด พร้อมทั้งใช้สื่อประกอบคำถาม โดยสื่อดังกล่าวคือ กระจกเงาชนิดต่างๆ จากนั้นผู้วิจัยเปิดคลิปวิดีโอ เรื่อง การสะท้อนแสงของผิวโค้งเป็นอย่างไร ให้นักเรียนศึกษา แล้วจึงใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนหลังจบวิดีโอเพื่อสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาคลิปวิดีโอ ต่อจากนั้น ผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวโค้งด้วยตนเอง โดยมอบประเด็นคำถามไว้เป็นแนวทางให้นักเรียนหาคำตอบก่อนการศึกษาสถานการณ์ เมื่อนักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 เสร็จแล้ว ผู้วิจัยและนักเรียนจึงร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 2.

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

ผู้วิจัยเชื่อมโยงความรู้จากข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองในขั้นตอนที่ 5 เพื่อชักนำให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3. พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

ผู้วิจัยแจกแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ในการประเมินเพื่อน ภายในกลุ่มของตนเอง โดยให้นักเรียนแต่ละคนผลัดกันนำเสนอแบบจำลองของตนเองจากขั้นตอนที่ 6 ต่อ สมาชิกภายในกลุ่ม และอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้แบบประเมิน แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูแจกให้ และร่วมกันสะท้อนผลกลับให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่ม โดยมีครู คอยช่วยแนะนำและให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมระหว่างการประเมิน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนักเรียนที่สร้างแบบจำลองได้ดีที่สุด เพื่อออกมานำเสนอแบบจำลองหน้า ชั้นเรียน ซึ่งคัดเลือกมาจากผลการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยมอบให้ก่อนหน้า หากนักเรียน กลุ่มใดมีสมาชิกที่ได้ผลคะแนนเท่ากัน ผู้วิจัยจะเป็นผู้คัดเลือกตัวแทนนำเสนอให้แทน เมื่อสิ้นสุดการนำเสนอ ผู้วิจัยและนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกันเพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันของแต่ละคนมา พิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียนและจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4.

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้รับจากการลงมติร่วมกันสร้างแบบจำลองในขั้นตอนที่ 8 มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 (การเกิดภาพสะท้อนบนผิวน้ำ)

1.3 ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงขณะปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูล คือ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยขั้นตอนนี้จะกระทำโดยผู้วิจัยเองภายหลังสิ้นสุดการปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 และกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน

ซึ่งเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอนอยู่ ซึ่งจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลขณะที่ผู้วิจัยกำลังปฏิบัติการสอนตามขั้นตอนที่ 2 โดยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า ผู้วิจัยเลือกเหตุการณ์ที่มีความน่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันเพราะเป็นเหตุการณ์ใกล้ตัวและพบเห็นได้บ่อย แต่ผู้วิจัยเลือกสถานการณ์ที่นักเรียนส่วนใหญ่ทราบสาเหตุบางส่วนของการเกิดเหตุการณ์อยู่แล้วว่าเกิดจากการสะท้อนของแสง จึงทำให้นักเรียนไม่เกิดความสงสัยและพยายามจะนำแนวคิดอื่นมาตั้งสมมติฐานและค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจถึงวิธีการตั้งสมมติฐานผ่านการวาดภาพแบบจำลอง จึงยกมือสอบถามตลอดการทำกิจกรรมว่าต้องวาดแบบจำลองอย่างไรและวาดแบบนี้ถูกต้องไหม ส่งผลให้นักเรียนเกิดความกังวลและไม่ยอมวาดแบบจำลองด้วยตนเองหากไม่ได้รับการยืนยันคำตอบจากผู้วิจัย ดังนั้นการทำกิจกรรมในช่วงนี้จึงเกินกว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า การจัดแบ่งนักเรียนแต่ละกลุ่ม ด้วยวิธีสุ่มเลือกตามเลขที่ ส่งผลให้นักเรียนขาดความกล้าในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง และเกิดความขัดแย้งกันในการทำงานร่วมกัน เนื่องจากนักเรียนไม่ได้สนิทสนมกัน ในการออกแบบการทดลอง พบว่านักเรียนทุกกลุ่มไม่สามารถออกแบบตารางบันทึกการทดลองด้วยตนเองได้ จำเป็นจะต้องให้ผู้วิจัยคอยชี้แนะแนวทางให้ ระหว่างทำกิจกรรมทดลอง พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่ทราบวิธีการใช้งานอุปกรณ์การทดลอง เนื่องจากเพิ่งเคยใช้งานเป็นครั้งแรก ผู้วิจัยจึงต้องสาธิตการใช้งานและให้นักเรียนทำการทดลองตาม ขณะนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มอื่นไม่สนใจการนำเสนอของเพื่อน เนื่องจากการนำเสนอเป็นเพียงการพูดบรรยาย และผลการทำกิจกรรมที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อต้องฟังซ้ำหลายกลุ่มจึงเกิดความเบื่อหน่าย

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นที่ 3 มาประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ แต่ยังคงขาดความมั่นใจในแบบจำลองของตนเองต้องคอยซักถามเพื่อขอคำยืนยันจากผู้วิจัยอยู่เป็นระยะตลอดการทำกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า ในการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวราบกับผิวขรุขระ เมื่อศึกษาสถานการณ์แล้ว นักเรียนสามารถตอบคำถามที่ผู้วิจัยตั้งขึ้นได้ และสามารถสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 ร่วมกันกับผู้วิจัย และสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1. ได้ด้วยตนเอง ในการศึกษาการเกิดภาพจากกระจกเงาชนิดต่างๆ พบว่า นักเรียนให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเป็นอย่างมาก มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม และพยายามตอบคำถามที่ผู้วิจัยตั้งขึ้น การศึกษาคลิปวิดีโอ เรื่อง การสะท้อนแสงของผิวโค้งเป็นอย่างไร พบว่า ภายหลังการศึกษาวิดีโอนักเรียนสามารถตอบคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ และในการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวโค้งด้วยตนเอง พบว่ามีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถทำกิจกรรมได้ เนื่องจากความพร้อมของอุปกรณ์ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องให้ร่วมกันทำกิจกรรมกับเพื่อนที่อยู่ข้างเคียงแทน หลังสิ้นสุดกิจกรรม นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 2. ได้

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นที่ 5 มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ โดยสามารถระบุได้ว่าส่วนใดของแบบจำลองของตนเองที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงา แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำแนวคิดนั้นมาวาดแบบจำลองที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคอยกำกับและให้คำแนะนำอยู่เป็นระยะ

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นในการประเมินแบบจำลองของเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่ม เพราะกลัวเพื่อนไม่พอใจ กังวลว่าผู้วิจัยจะหักคะแนนเพื่อน และกลัวจะถูกเลือกไปนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน เนื่องจากนักเรียนทุกคนไม่ได้ถูกฝึกฝนให้นำเสนอหน้าชั้นเรียนบ่อยครั้งนัก

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า แบบจำลองส่วนใหญ่ที่นักเรียนนำเสนอมีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนตามมโน มติ เรื่อง การสะท้อนของแสง และ การเกิดภาพจากกระจกเงา ซึ่งข้อมูลบางส่วนอยู่ในภาพแบบจำลองหรือ บางส่วนเป็นข้อความบรรยายได้ภาพแบบจำลอง แต่มีนักเรียนบางคนที่เป็นตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง สามารถสร้างแบบจำลองออกมาได้ดี แต่ไม่สามารถพูด

สื่อสารเพื่ออธิบายแนวคิดของแบบจำลองได้ เมื่อผู้วิจัย และนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกัน ถึงลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม นักเรียน สามารถช่วยกันระบุจุดบกพร่องของแต่ละแบบจำลองที่นำเสนอได้ และสามารถร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็น มติร่วมกันของชั้นเรียน และจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4. ได้

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้ มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 (การเกิดภาพสะท้อนบนผิวน้ำ) ได้ แต่การวาดภาพแบบจำลองและคำบรรยายได้ภาพจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน เนื่องจากการวาดภาพแบบจำลองวาดด้วยองค์ประกอบที่ไม่ครบถ้วน และคำอธิบายใต้ภาพก็ไม่ครบถ้วน แต่นักเรียนทุกคนสามารถยกตัวอย่าง สถานการณ์ในลักษณะเดียวกับสถานการณ์ในกิจกรรมได้ แต่คำตอบส่วนใหญ่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ การเกิดภาพจากวัตถุผิวเรียบและมันวาว

1.4 ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect)

จากขั้นตอนที่ 3 สามารถสรุปผลการสังเกตได้ดังนี้

ข้อดี

1. การสร้างแบบจำลองเบื้องต้นก่อนเริ่มทำกิจกรรม สามารถใช้ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ต่อไปได้

2. การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสะท้อน ของแสง และสามารถนำแนวคิดที่ได้มาประเมินและแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้

3. สถานการณ์จำลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวราบกับผิวขรุขระช่วยให้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสะท้อนของแสง ของนักเรียนมีความสมบูรณ์มากขึ้น

4. การนำสิ่งของรอบตัวมาเป็นสื่อการสอน ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาคำตอบ

5. การนำเหตุการณ์จริงที่นักเรียนได้รับประสบการณ์โดยตรงมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์จำลอง ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติ เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงาได้ และสามารถนำแนวคิดนั้นไปใช้ประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้

6. นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบสำคัญของแบบจำลองและสามารถประเมินแบบจำลองโดยใช้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง การสะท้อนของแสง และ การเกิดภาพจากกระจกเงาราบ มาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

ปัญหา

1. เหตุการณ์ที่ใช้สำหรับนำเข้าสู่บทเรียนขาดความท้าทาย

2. นักเรียนขาดทักษะในการสร้างแบบจำลอง

3. การแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อทำกิจกรรมโดยวิธีการสุ่มตามเลขที่ ส่งผลให้นักเรียนไม่คุ้นเคยกัน ขาดความกล้าแสดงออก และเกิดความขัดแย้งภายในกลุ่ม

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่ทราบวิธีการใช้งานอุปกรณ์การทดลอง

5. นักเรียนไม่สนใจการนำเสนอผลการทำกิจกรรมของเพื่อน

6. นักเรียนบางคนขาดทักษะการนำเสนองานหน้าชั้นเรียน

แนวทางแก้ไข

1. เลือกใช้สถานการณ์ใหม่ที่ใกล้ตัว มักถูกมองข้าม และคาดไม่ถึงว่าเกิดจากการสะท้อนของแสง เช่น ภาพที่ได้จากกล้องด้านหน้าของโทรศัพท์มือถือ

2. ให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. ผู้วิจัยควรทำความรู้จักนักเรียนอย่างละเอียด และจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนโดยพิจารณาจากความสนิทสนมของนักเรียนเป็นหลัก และต้องคละความสามารถของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนในกลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง และกลุ่มอ่อน

4. ผู้วิจัยควรจัดทำคลิปวิดีโอสอนการใช้อุปกรณ์การทดลองให้นักเรียนไปศึกษาด้วยตนเองที่บ้านล่วงหน้าก่อนดำเนินกิจกรรมการทดลองในคาบเรียนถัดไป

5. ในการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนควรเลือกนักเรียนเพียงบางกลุ่มออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องออกมานำเสนอทุกกลุ่ม โดยพิจารณาจากผลการทำกิจกรรมของกลุ่มที่มีความน่าสนใจ หรือสับเปลี่ยนกันออกมาแทน

6. ควรจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน โดยอาจกำหนดไม่ให้นักเรียนคนเดิมออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนอีกในการทำกิจกรรมครั้งถัดไป เพื่อนักเรียนคนอื่นในกลุ่มจะได้มีโอกาสในการฝึกฝนการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ควรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการนำเสนอแต่ละครั้งเพื่อนักเรียนจะได้ปรับปรุงการนำเสนอครั้งถัดไป และครูผู้สอนควรหาจุดเด่นในการนำเสนอของนักเรียนมากล่าวชมเชยให้กับนักเรียนทุกครั้งเพื่อสร้างกำลังใจและทัศนคติที่ดีต่อการนำเสนอ

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยปฏิบัติการโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง ในคาบเรียนปกติเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของครูและนักเรียน

ในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้ข้อมูลแบ่งตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้

2.1 ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไขจากประสบการณ์สอนที่ผ่านมาของผู้วิจัย ผนวกรวมเข้ากับปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพื่อกำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนไปสู่จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ โดยผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำวิธีการปฏิบัตินั้นไปดำเนินการในขั้นต่อไป โดยก่อนจะเริ่มกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการถัดไป วิจัยได้ดำเนินการให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ

2.2 ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Action)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

ผู้วิจัยเริ่มต้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน นั่นคือ การเกิดรุ้งจากละอองน้ำ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับภาพ ดังกล่าว จากนั้นให้กล่าวอธิบายเพิ่มเติมและเชื่อมโยงเหตุผลการเกิดรุ้งจากละอองน้ำ ให้นักเรียนเข้าใจว่าเป็นผลที่เกิดจากการหักเหของแสงทำให้เกิดการกระจายของแสงขาว เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

ผู้วิจัยแจกแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 2 การหักเหของแสง ให้นักเรียนแต่ละคน และมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1. โดยให้นักเรียนแต่ละคนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับ สถานการณ์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรม ด้วยวิธีการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดรุ้งจากละอองน้ำ

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

ผู้วิจัยจัดแบ่งนักเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม โดยมีสมาชิกกลุ่มละ 4 - 5 คน โดยพิจารณาจากความสนิทสนมของนักเรียนเป็นหลัก และคละความสามารถของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนในกลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง และกลุ่มอ่อน จากนั้นมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มแลกเปลี่ยนภาพวาดที่แสดงถึงสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในกิจกรรมที่ 1 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบภาพวาดของตนเองกับเพื่อน จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่ กิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1

เรื่อง การหักเหของแสง โดยให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม และตรวจสอบความ เข้าใจในการอ่าน โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิด ต่อมาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการหักเหของแสง โดย ระบุตัวแปร สมมติฐานในการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง และจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในใบกิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาคลิปวิดีโอสอนการใช้อุปกรณ์การทดลองด้วยตนเองที่บ้านล่วงหน้าก่อนดำเนินกิจกรรมการทดลองในคาบเรียนถัดไป

ในคาบเรียนถัดมา นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ สังเกต บันทึกผลลงในตาราง สรุปผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอข้อมูล ซึ่งในระหว่างนี้ผู้วิจัยจะคอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่นักเรียนแต่ละกลุ่มตลอดการทำกิจกรรม เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมทดลองเสร็จแล้ว ผู้วิจัยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน โดยพิจารณาจากกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมที่ถูกต้องชัดเจนตามหลักทฤษฎี เรื่อง การหักเหของแสง มาเพียงแค่ 2 กลุ่มเท่านั้น เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จแล้วผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการนำเสนอของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม และกล่าวชื่นชมจุดเด่นในการนำเสนอของนักเรียน และเมื่อนักเรียนทั้งสองกลุ่มนำเสนอผลงานเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยและนักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทำกิจกรรมตอนที่ 1 จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่กิจกรรมตอนที่ 2 เรื่อง การกระจายแสงของแสงขาว โดยใช้คำถามเชื่อมโยงกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยมีกระบวนการเช่นเดียวกับการดำเนินการกิจกรรมตอนที่ 1 และเมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมทั้งสองตอนแล้ว ผู้วิจัยจึงมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกความรู้ที่ได้จากการอภิปรายตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 ลงในใบกิจกรรมที่ 2 เพื่อสรุปทบทวนความรู้ที่ได้อีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

ผู้วิจัยตั้งคำถามเพื่อใช้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนที่ 3 เพื่อชักนำให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นเปิดโอกาสนักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2.

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

ผู้วิจัยนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 3 โดยการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การหักเหของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใส จากเว็บไซต์ของ PhET ในระหว่างนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนตลอดการทำกิจกรรม เมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของ

แสงแสดงรังสีตกกระทบและรังสีหักเหของแสง เมื่อกำหนดมุมตกกระทบให้ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1. จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่เรื่อง การกระจายแสงของแสงขาว จากเว็บไซต์ของ PhET โดยกล่าวเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์จำลองที่ 1 ด้วยคำถามกระตุ้นการคิด ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการหักเหและการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมที่กำหนดให้ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 2. จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาคลิปวิดีโอ เรื่อง Total Internal Reflection เมื่อวิดีโอจบแล้ว ครูใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดของแสง ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำความรู้ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดของแสงไปใช้ประโยชน์ ผ่านการรับชมคลิปวิดีโอ เรื่อง Total Internal Reflection Demo: Optical Fibers และให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 3. ให้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ ก่อนจบคาบเรียนครูมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกิดจากการสะท้อนกลับหมดของแสง ผ่านการรับชมคลิปวิดีโอ เรื่อง วิชาโลกดาราศาสตร์อวกาศ-มิราจที่บ้านของตนเอง

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

ผู้วิจัยเชื่อมโยงความรู้จากข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองในขั้นตอนที่ 5 เพื่อชักนำให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3. พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

ผู้วิจัยแจกแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ในการประเมินเพื่อน ภายในกลุ่มของตนเอง โดยให้นักเรียนแต่ละคนผลัดกันนำเสนอแบบจำลองของตนเองจากขั้นตอนที่ 6 ต่อสมาชิกภายในกลุ่ม และอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้แบบประเมิน แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูแจกให้ พร้อมทั้งร่วมกันสะท้อนผลกลับให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่ม โดยมีครูคอยช่วยแนะนำและให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมระหว่างการประเมิน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนักเรียนที่สร้างแบบจำลองได้ดีที่สุด เพื่อออกมานำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน ซึ่งคัดเลือกมาจากผลการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยมอบให้ก่อนหน้า หากนักเรียนกลุ่มใดมีสมาชิกที่ได้ผลคะแนนเท่ากัน ผู้วิจัยจะ

เป็นผู้คัดเลือกตัวแทนนำเสนอให้แทน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ยังไม่เคยออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เมื่อสิ้นสุดการนำเสนอ ผู้วิจัยและนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันของแต่ละคนมา พิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียนและจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4.

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้รับจากการลงมติร่วมกันสร้างแบบจำลองในขั้นตอนที่ 8 มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 (การเกิดพระอาทิตย์ทรงกลด)

2.3 ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงขณะปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูล คือ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยขั้นตอนนี้จะกระทำโดยผู้วิจัยเองภายหลังสิ้นสุดการปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 และกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ซึ่งเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอนอยู่ ซึ่งจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลขณะที่ผู้วิจัยกำลังปฏิบัติการสอนตามขั้นตอนที่ 2 โดยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า ผู้วิจัยเลือกเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการกระจายของแสงขาวที่พบเห็นในชีวิตประจำวันเป็นเหตุการณ์ใกล้ตัวและพบเห็นได้บ่อย นักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ดังกล่าว มีความกระตือรือร้นในการตอบคำถาม เนื่องจากนักเรียนพอมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่ารุ้งเกิดจากแสงตกกระทบละอองน้ำ และกระจายออกมาเป็นแสงสีต่างๆ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานผ่านการวาดภาพแบบจำลองได้ โดยมีองค์ประกอบสำคัญบางส่วน แต่รายละเอียดของแบบจำลองยังไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และมีการอธิบายเหตุผลใต้ภาพโดยแสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่าการเกิดรุ้งจากละอองน้ำเป็นผลมาจากการหักเหของแสงกระจายออกเมื่อเคลื่อนที่ผ่านละอองน้ำ และจำนวนนักเรียนที่ยกมือสอบถามเกี่ยวกับวิธีการวาดแบบจำลองลดลงเหลือเพียงไม่กี่คนเมื่อเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า การจัดแบ่งนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาจากความสนิทสนมของนักเรียนเป็นหลัก และคละความสามารถของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนใน

กลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง และกลุ่มอ่อน ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มเกิดความกล้าในการแสดงความคิดเห็นของตนเองมากขึ้น ส่งผลให้การทำกิจกรรมเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องตามแนวทางที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ ระหว่างทำกิจกรรมทดลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังคงไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์การทดลองได้ด้วยตนเอง ยังคงยกมือถามถึงวิธีการทำกิจกรรมอยู่เป็นระยะ เนื่องจากมีเพียงสมาชิกบางคนภายในกลุ่มเท่านั้นที่ศึกษาวิดีโอมาล่วงหน้า อีกทั้งนักเรียนบางกลุ่มไม่พบว่ามีการศึกษาวิดีโอมาล่วงหน้าเลย มาเปิดทำตามในระหว่างทำกิจกรรม ส่งผลให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างล่าช้ากว่ากำหนดการที่ตั้งเอาไว้ ขณะนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มตัวแทนสามารถนำเสนอผลการทำกิจกรรมได้ดี

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นที่ 3 มาประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า ในการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การหักเหของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใส เมื่อศึกษาสถานการณ์แล้ว นักเรียนสามารถตอบคำถามที่ผู้วิจัยตั้งขึ้นได้ และสามารถสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 ร่วมกันกับผู้วิจัย และสามารถแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงรังสีตกกระทบและรังสีหักเหของแสง เมื่อกำหนดมุมตกกระทบให้ ลงในใบกิจกรรมได้ด้วยตนเอง ส่วนในการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 เรื่อง การกระจายแสงของแสงขาว พบว่ามีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถทำกิจกรรมได้ เนื่องจากความพร้อมของอุปกรณ์ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องให้ร่วมกันทำกิจกรรมกับเพื่อนที่อยู่ข้างเคียงแทน หลังสิ้นสุดกิจกรรม นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการหักเหและการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมที่กำหนดให้ ลงในใบกิจกรรมได้เช่นเดียวกัน

ในการศึกษาคลิปวิดีโอ เรื่อง Total Internal Reflection และเรื่อง Total Internal Reflection Demo: Optical Fibers พบว่า ภายหลังการศึกษาวิดีโอนักเรียนสามารถตอบคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พร้อมทั้งสามารถตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ แต่เนื่องจากระยะเวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอจึงได้มอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกิดจากการสะท้อนกลับหมดของแสง ผ่านการรับชมคลิปวิดีโอ เรื่อง วิชาโลกดาราศาสตร์อวกาศ – มิราจ ด้วยตนเองที่บ้านแทนการศึกษาในชั้นเรียน

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นที่ 5 มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ โดยสามารถระบุได้ว่าส่วนใดของแบบจำลองของตนเองที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดเรื่องการหักเหของแสง การสะท้อนกลับหมด และการกระจายของแสงขาว แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำแนวคิดนั้นมาวาดแบบจำลองที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคอยกำกับและให้คำแนะนำอยู่เป็นระยะ

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นในการประเมินแบบจำลองของเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่ม แต่ยังไม่ครบถ้วน ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคอยกำกับและให้คำแนะนำอยู่เป็นระยะ

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า แบบจำลองส่วนใหญ่ที่นักเรียนนำเสนอมีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนตามมโน มติ เรื่อง การหักเหของแสง การสะท้อนกลับหมด และการกระจายของแสงขาว ซึ่งข้อมูลบางส่วนอยู่ในภาพแบบจำลอง และบางส่วนเป็นข้อความบรรยายได้ภาพแบบจำลอง เมื่อผู้วิจัยและนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกัน ถึงลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม นักเรียนสามารถช่วยกันระบุจุดบกพร่องของแต่ละแบบจำลองที่นำเสนอได้ และสามารถร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็น มติร่วมกันของชั้นเรียนและจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4. ได้

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์พระอาทิตย์ทรงกลด เนื่องจากเหตุการณ์เกิดรุ้งที่นักเรียนพบเห็นส่วนใหญ่มีหยดน้ำมาเกี่ยวข้องจึงยกมือขึ้นถามว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดละอองน้ำจากไหน ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ทำให้เกิดการกระจายของแสงขาวว่าประกอบด้วย แสงขาว ตัวกลางต่างชนิด เช่น หยดน้ำ หรือในปรากฏการณ์พระอาทิตย์ทรงกลดนี้ คือ ผลึกน้ำแข็ง เป็นต้น ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมใน 8 ขั้นตอนผนวกรวมเข้ากับเรื่องที่ผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติม มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 (การเกิดพระอาทิตย์ทรงกลด) ได้ แต่การวาดภาพแบบจำลองและคำบรรยายใต้ภาพจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน เนื่องจากการวาดภาพแบบจำลองวาดด้วยองค์ประกอบที่ไม่ครบถ้วนและคำอธิบายใต้ภาพก็ไม่ครบถ้วน แต่นักเรียนทุกคนสามารถยกตัวอย่าง สถานการณ์ในลักษณะเดียวกับสถานการณ์ในกิจกรรมได้

2.4 **ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติการ** (Reflect)

จากขั้นตอนที่ 3 สามารถสรุปผลการสังเกตได้ดังนี้

ข้อดี

1. การให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ ช่วยให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยมีการระบุส่วนประกอบสำคัญที่เป็นสาเหตุของการเกิดรุ้งจากละอองน้ำได้

2. การจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนโดยพิจารณาจากความสนิทสนมของนักเรียนเป็นหลักและคละความสามารถของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนในกลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง และกลุ่มอ่อน ช่วยให้การดำเนินกิจกรรมเป็นไปตามเป้าหมายที่ผู้วิจัยตั้งไว้ นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม กล้าคิด กล้าแสดงความคิดเห็น และยอมรับมติของกลุ่มในการทำกิจกรรม

3. การประเมินโดยเพื่อนส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องนั้น

4. กิจกรรมการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ช่วยให้นักเรียนได้ประจักษ์ด้วยตนเองว่าลักษณะการหักเหของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดได้ และเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น

5. การเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลองช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติที่สมบูรณ์ โดยสถานการณ์จำลองที่เหมาะสมกับเรื่องการหักเหของแสง การสะท้อนกลับหมด และการกระจายของแสงขาว ควรอยู่ในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริงที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง

6. คลิปวิดีโอ เรื่อง Total Internal Reflection สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติในเรื่อง การสะท้อนกลับหมดได้ อีกทั้งช่วยลดระยะเวลาในการทำกิจกรรม

7. คลิปวิดีโอ เรื่อง Total Internal Reflection Demo: Optical Fibers และเรื่อง มิราจ ช่วยขยายขอบเขตการเรียนรู้แก่นักเรียน เนื่องจากบางสถานการณ์นักเรียนบางคนไม่เคยพบเจอในชีวิตประจำวัน หรือหากพบเจอก็ไม่เคยสังเกตและให้ความสนใจเพื่อพิจารณาหาเหตุผลของการเกิดสถานการณ์ดังกล่าว

ปัญหา

1. สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ในใบกิจกรรมมีรายละเอียดไม่เพียงพอต่อการตอบคำถามของนักเรียน ซึ่งในกิจกรรมที่ 4 นักเรียนไม่ทราบถึงองค์ประกอบของการเกิดปรากฏการณ์พระอาทิตย์ทรงกลดทำให้ไม่สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้

2. สถานการณ์ในกิจกรรมขาดความหลากหลายส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ดังเช่นในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมโนมติเรื่องการกระจายแสงของแสงขาว ทั้งขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์และขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนใช้ปริซึมสามเหลี่ยมเพียงชนิดเดียวในการทำกิจกรรม ส่งผลให้เมื่อนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนว่าการกระจายแสงของแสงขาวเกิดขึ้นได้เฉพาะกับปริซึมสามเหลี่ยมเท่านั้น

3. ข้อคำถามบางส่วนในใบกิจกรรมไม่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยข้อคำถามในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 3. มุ่งเน้นเพียงประเด็นเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมตกกระทบและมุมวิกฤต ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดเท่านั้น

4. นักเรียนไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์การทดลองและดำเนินการทดลองได้ด้วยตนเอง

5. นักเรียนไม่ศึกษาวิดีโอสาธิตวิธีการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลองล่วงหน้าก่อนคาบเรียน แต่นำมาเปิดดูระหว่างทำกิจกรรม ส่งผลให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างล่าช้ากว่ากำหนดการที่ตั้งเอาไว้

แนวทางแก้ไข

1. หากสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการทำกิจกรรมเป็นเรื่องซับซ้อน ควรมีการกำหนดรายละเอียดสำคัญเพิ่มเติมให้ โดยคำอธิบายดังกล่าวต้องไม่สื่อถึงมโนมติที่ผู้วิจัยต้องการวัด ดังเช่นในสถานการณ์พระอาทิตย์ทรงกลด ควรอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบในสถานการณ์ โดยอาจกล่าวว่า ช่วงเวลาบ่ายโมงของวันหนึ่ง มีแสงแดดจ้า พบเมฆเซอร์โรสเตรตัสซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบางสีขาวกระจายทั่วท้องฟ้า เมื่อมองไปยังดวงอาทิตย์พบวงกลมแสงสีรุ้งขนาดใหญ่อยู่รอบดวงอาทิตย์ ดังภาพ ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร

2. สถานการณ์ในกิจกรรมควรมีความหลากหลาย ดังเช่นในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมโนมติเรื่องการกระจายแสงของแสงขาว ผู้วิจัยควรกำหนดให้นักเรียนใช้ปริซึมหลากหลายรูปแบบในการทำกิจกรรม พร้อมทั้งควรเพิ่มเติมใบกิจกรรมให้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับปริซึมหลากหลายรูปแบบ

3. ควรกำหนดข้อคำถามที่ใช้ในการทำกิจกรรมให้คลอบคลุมทุกประเด็นของมโนมติและให้น้ำหนักในการเท่าเทียมกัน

4. ควรจัดแบบทดสอบย่อยเกี่ยวกับวิธีการใช้อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลองให้นักเรียน เพื่อกำกับให้นักเรียนทุกคนจำเป็นจะต้องศึกษาวิดีโอสาธิตวิธีการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลองมาล่วงหน้าก่อนคาบเรียน

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยปฏิบัติการโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ทัศนอุปกรณ์ ในคาบเรียนปกติเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของครูและนักเรียนในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้ข้อมูลแบ่งตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.1 ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไขจากประสบการณ์สอนที่ผ่านมา ของผู้วิจัย ผนวกรวมเข้ากับปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อกำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนไปสู่จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ โดยผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ทัศนอุปกรณ์ จำนวน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำวิธีการปฏิบัตินั้นไปดำเนินการในขั้นต่อไป

3.2 ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Action)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

ผู้วิจัยเริ่มต้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคลิปวิดีโอ เรื่อง โพรเจกเตอร์อย่างง่าย โดยวิดีโอดังกล่าวจะบรรยายเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโพรเจกเตอร์อย่างง่ายและสาธิตวิธีการสร้าง เมื่อนักเรียนดูวิดีโอจบแล้ว ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับวิดีโอดังกล่าว จากนั้นให้กล่าวอธิบายเพิ่มเติมและเชื่อมโยงเหตุผลเกี่ยวกับหลักการทำงานของโพรเจกเตอร์อย่างง่าย ให้นักเรียนเข้าใจว่าเป็นผลที่เกิดจากการหักเหของแสงผ่านเลนส์ เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

ผู้วิจัยแจกแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละคน และมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1. โดยให้นักเรียนแต่ละคนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับ สถานการณ์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรม ด้วยวิธีการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพจากเลนส์

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

ผู้วิจัยจัดแบ่งนักเรียนออกกลุ่ม โดยใช้กลุ่มตามเดิมเช่นเดียวกับที่เคยจัดแบ่งไว้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2จากนั้นมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มแลกเปลี่ยนภาพวาดที่แสดงถึงสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในกิจกรรมที่ 1 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบภาพวาดของตนเองกับเพื่อน จากนั้นผู้วิจัยนำเข้าสู่ กิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์เป็นอย่างไร โดยให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม และตรวจสอบความเข้าใจในการอ่าน โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิด ต่อมาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการหักเหของแสงผ่านเลนส์ โดย ระบุตัวแปร สมมติฐานในการทดลอง และจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในใบกิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาคลิปวิดีโอสอนการใช้อุปกรณ์การทดลองด้วยตนเองที่บ้านล่วงหน้าก่อนดำเนินกิจกรรมการทดลองในคาบเรียนถัดไป

ในคาบเรียนถัดมา ก่อนเริ่มกิจกรรมผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยเกี่ยวกับวิดีโอที่มอบหมายให้กลับไปศึกษามา จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ สังเกต บันทึกผล สรุปผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอข้อมูล ซึ่งในระหว่างนี้ผู้วิจัยจะคอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่นักเรียนแต่ละกลุ่มตลอดการทำกิจกรรม เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมทดลองเสร็จแล้ว ผู้วิจัยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน โดยพิจารณาจากกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมที่ถูกต้องชัดเจนตามหลักทฤษฎี เรื่อง การหักเหของแสงผ่านเลนส์ มาเพียงแค่ 2 กลุ่มเท่านั้น นอกจากนี้กลุ่มที่คัดเลือกออกมานำเสนอจะต้องไม่ใช่กลุ่มเดิมที่เคยออกมานำเสนอแล้วในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จแล้วผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการนำเสนอของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม และกล่าวชื่นชมจุดเด่นในการนำเสนอของนักเรียน จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทำกิจกรรมตอนที่ 1 และผู้วิจัยนำเข้าสู่กิจกรรมตอนที่ 2 เรื่อง ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนเป็นอย่างไร โดยใช้คำถามเชื่อมโยงกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยมีกระบวนการเช่นเดียวกับการดำเนินการกิจกรรมตอนที่ 1 และเมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมทั้งสองตอนแล้ว ผู้วิจัยจึงมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกความรู้ที่ได้จากการอภิปรายตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 ลงในใบกิจกรรมที่ 2 เพื่อสรุปทบทวนความรู้ที่ได้อีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

ผู้วิจัยตั้งคำถามเพื่อใช้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนที่ 3 เพื่อชักนำให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลอง

เบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นเปิดโอกาสนักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2.

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

ผู้วิจัยนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 3 โดยการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์ จากเว็บไซต์ The Physics Classroom ในระหว่างนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนตลอดการทำกิจกรรม เมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1. ต่อมาผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดภาพจากเลนส์ 2 ตัว ซ้อนกัน ผ่านแอพพลิเคชัน Ray Optics โดยการสาธิตให้ดูก่อน และกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งกันค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านแอพพลิเคชัน หลังจากนั้นผู้วิจัยเปิดคลิปวิดีโอ เรื่อง การหักเหของแสงผ่านเลนส์ เพื่อใช้ประกอบการอธิบาย เรื่อง หลักการทำงานเบื้องต้นของทัศนอุปกรณ์ และสรุปความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

ผู้วิจัยเชื่อมโยงความรู้จากข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองในขั้นตอนที่ 5 เพื่อชักนำให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3. พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

ผู้วิจัยแจกแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ในการประเมินเพื่อน ภายในกลุ่มของตนเอง โดยให้นักเรียนแต่ละคนผลัดกันนำเสนอแบบจำลองของตนเองจากขั้นตอนที่ 6 ต่อสมาชิกภายในกลุ่ม และอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้แบบประเมิน แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูแจกให้ พร้อมทั้งร่วมกันสะท้อนผลกลับให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่ม โดยมีครูคอยช่วยแนะนำและให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมระหว่างการประเมิน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนักเรียนที่สร้างแบบจำลองได้ดีที่สุด เพื่อออกมานำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน ซึ่งคัดเลือกมาจากผลการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยมอบให้ก่อนหน้า หากนักเรียนกลุ่มใดมีสมาชิกที่ได้ผลคะแนนเท่ากัน ผู้วิจัยจะ

เป็นผู้คัดเลือกตัวแทนนำเสนอให้แทน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ยังไม่เคยออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เมื่อสิ้นสุดการนำเสนอ ผู้วิจัยและนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันของแต่ละคนมา พิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียนและจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4.

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้รับจากการลงมติร่วมกันสร้างแบบจำลองในขั้นตอนที่ 8 มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 (กล้องโทรทรรศน์อย่างง่ายมีหลักการทำงานอย่างไร?)

3.3 ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงขณะปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูล คือ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยขั้นตอนนี้จะกระทำโดยผู้วิจัยเองภายหลังสิ้นสุดการปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 และกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ซึ่งเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอนอยู่ ซึ่งจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลขณะที่ผู้วิจัยกำลังปฏิบัติการสอนตามขั้นตอนที่ 2 โดยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า ผู้วิจัยเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาพจากเลนส์ที่อยู่ในความสนใจและเหมาะสมกับวัยของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการตอบคำถาม อีกทั้งการใช้วิดีโอช่วยให้นักเรียนเห็นองค์ประกอบโดยรวมของสถานการณ์ได้อย่างชัดเจน สามารถระบุองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลให้เกิดสถานการณ์ดังกล่าวได้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานผ่านการวาดภาพแบบจำลองได้ มีการอธิบายเหตุผลใต้ภาพโดยแสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่าหลักการทำงานของโพรเจกเตอร์อย่างง่าย เป็นผลมาจากการหักเหของแสงผ่านเลนส์แล้วทำให้เกิดภาพในสถานการณ์ดังกล่าว และในวงจรปฏิบัติการนี้ไม่พบนักเรียนยกมือสอบถามถึงแนวทางการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนทุกคนสามารถสร้างแบบจำลองได้

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถทำกิจกรรมทดลองได้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ผู้วิจัยตั้งไว้ เมื่อมีการทดสอบก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมส่งผลให้นักเรียนมีความรู้เบื้องต้นในการใช้เครื่องมือและทราบแนวทางในทำกิจกรรม จึงสามารถใช้งานอุปกรณ์การ

ทดลองได้ด้วยตนเอง และปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้อง ส่วนการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน นักเรียนกลุ่มตัวแทนสามารถนำเสนอผลการทำกิจกรรมได้ดี

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นที่ 3 มาประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ โดยนักเรียนสามารถนำมโนมติทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณสมบัติของเลนส์นูนมาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ แต่แบบจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเท่านั้น ยังขาดมโนมติเกี่ยวกับการเกิดภาพเมื่อวางวัตถุในตำแหน่งต่างๆ

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า ในการศึกษาสถานการณ์จำลอง เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์ นักเรียนสามารถตอบคำถามที่ผู้วิจัยตั้งขึ้นได้ และสามารถสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์ร่วมกันกับผู้วิจัย และสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ได้ ซึ่งสถานการณ์จำลองดังกล่าวช่วยให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ เนื่องจากสถานการณ์จำลองช่วยให้แนวคิดนามธรรมเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ถูกถ่ายทอดออกมาเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

ในช่วงที่ผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดภาพจากเลนส์ 2 ตัว ซ้อนกัน ผ่านแอพพลิเคชัน Ray Optics พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมในช่วงที่เรียนรู้ผ่านแอพพลิเคชัน Ray Optics เนื่องจากแอพพลิเคชันใช้งานง่ายกว่าเว็บไซต์ อีกทั้งการจัดรูปแบบกิจกรรมให้มีลักษณะแข่งขันกันทำให้นักเรียนเกิดแรงผลักดันที่จะเรียนรู้ เพราะมีเป้าหมายว่าต้องการชนะเพื่อน

ในช่วงที่ผู้วิจัยเปิดคลิปวิดีโอ เรื่อง การหักเหของแสงผ่านเลนส์ ประกอบการอธิบายเรื่อง หลักการทำงานเบื้องต้นของทัศนอุปกรณ์ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายประโยชน์จากการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์ไปใช้สร้างทัศนอุปกรณ์ได้

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นที่ 5 มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ โดยสามารถระบุได้ว่าส่วนใดของแบบจำลองของตนเองที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ แต่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำแนวคิดนั้นมาวาดแบบจำลองที่ถูกต้อง

ได้ด้วยตนเอง และแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นก็มีองค์ประกอบครบถ้วน แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นในการประเมินแบบจำลองของเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่มได้ และผลจากการประเมินโดยเพื่อนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ได้

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า แบบจำลองที่นักเรียนนำเสนอมีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนตามมโนมติ เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์ ซึ่งข้อมูลบางส่วนอยู่ในภาพแบบจำลอง และบางส่วนเป็นข้อความบรรยายได้ภาพแบบจำลอง นักเรียนตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลองได้ดี และเมื่อผู้วิจัยและนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกัน ถึงลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม นักเรียนสามารถช่วยกันระบุจุดบกพร่องของแต่ละแบบจำลองที่นำเสนอได้ และสามารถร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียนและจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4. ได้ ผู้วิจัยพบว่าการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองหลายครั้งและร่วมกันสรุปในครั้งสุดท้าย ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนามาโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องจนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

การดำเนินการในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างแบบจำลองและอธิบายการเกิดภาพในสถานการณ์ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนวาดแผนภาพทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์นูนได้ถูกต้องเพียงแค่อันเดียว ไม่สามารถวาดแผนภาพทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์นูนสองอันได้ ผู้วิจัยจึงสาธิตวิธีการวาดภาพเพิ่มเติมให้เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถวาดแผนภาพด้วยตนเองได้

3.4 ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect)

จากขั้นตอนที่ 3 สามารถสรุปผลการสังเกตได้ดังนี้

ข้อดี

1. การใช้สถานการณ์ในรูปแบบวิดีโอช่วยให้นักเรียนเข้าใจบริบทของสถานการณ์อย่างครอบคลุม สามารถระบุองค์ประกอบสำคัญในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อคำถามได้ ทั้งยังสามารถใช้องค์ประกอบดังกล่าวในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้

2. สถานการณ์ที่ใช้ในกิจกรรมอยู่ในความสนใจของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

3. การสร้างและปรับปรุงแบบจำลองหลายครั้ง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนามาโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องจนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์

4. การประเมินโดยเพื่อนส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์

5. กิจกรรมการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ตอนที่ 1 ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณสมบัติของเลนส์แต่ละชนิด ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ ส่วนกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ตอนที่ 2 ช่วยให้นักเรียนมองเห็นลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์นูน ซึ่งภาพดังกล่าวเป็นภาพที่สังเกตเห็นได้จริงผ่านการมองเห็น

6. การเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์ ทั้งจากทางเว็บไซต์และแอพพลิเคชันช่วยให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ เนื่องจากสถานการณ์จำลองช่วยให้แนวคิดนามธรรมเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์ถูกถ่ายทอดออกมาเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้

7. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมในช่วงที่เรียนรู้ผ่านแอพพลิเคชัน Ray Optics เนื่องจากแอพพลิเคชันใช้งานง่ายกว่าเว็บไซต์ อีกทั้งการจัดรูปแบบกิจกรรมให้มีลักษณะแข่งขันกันทำให้นักเรียนเกิดแรงผลักดันที่จะเรียนรู้ เพราะมีเป้าหมายว่าต้องการชนะเพื่อน

6. การบรรยายประกอบคลิปวิดีโอ เรื่อง หลักการทำงานเบื้องต้นของทัศนอุปกรณ์ ช่วยขยายความรู้และทำให้นักเรียนมองเห็นประโยชน์จากการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์ไปใช้สร้างทัศนอุปกรณ์ อีกทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์

ปัญหา

1. นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเกิดภาพจากเลนส์ เพื่ออธิบายสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ได้

แนวทางแก้ไข

1. ควรแยกมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จัดเป็นกิจกรรมใหม่เป็นอีกวงจรปฏิบัติการ มีกิจกรรมสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และใช้สถานการณ์

จำลองที่มีเลนส์หลายชนิด และมีจำนวนมากกว่า 1 อัน รวมทั้งมีแบบฝึกหัดให้นักเรียนเขียนทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์ในหลากหลายรูปแบบ

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาผลการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS โดยใช้เครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ชนิด คือ แบบวัดมโนมติก่อนและหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ และแบบบันทึกกิจกรรม ซึ่งได้ข้อมูลดังนี้

1. ผลการศึกษามโนมติก่อนและหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการศึกษามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ทั้งหมด 7 มโนมติ จำนวน 14 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติข้อที่ 1. – 2.

ตาราง 6 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	12 คน (30.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	6 คน (15.00%)	17 คน (42.50%)

ตาราง 6 (ต่อ)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	12 คน (30.00%)	10 คน (25.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	12 คน (30.00%)	0 คน (0.00%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	10 คน (25.00%)	1 คน (2.50%)

จากตาราง 6 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) และกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) สองกลุ่มนี้เท่ากันและมีค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 30.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.50 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) คิดเป็นร้อยละ 0.00 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

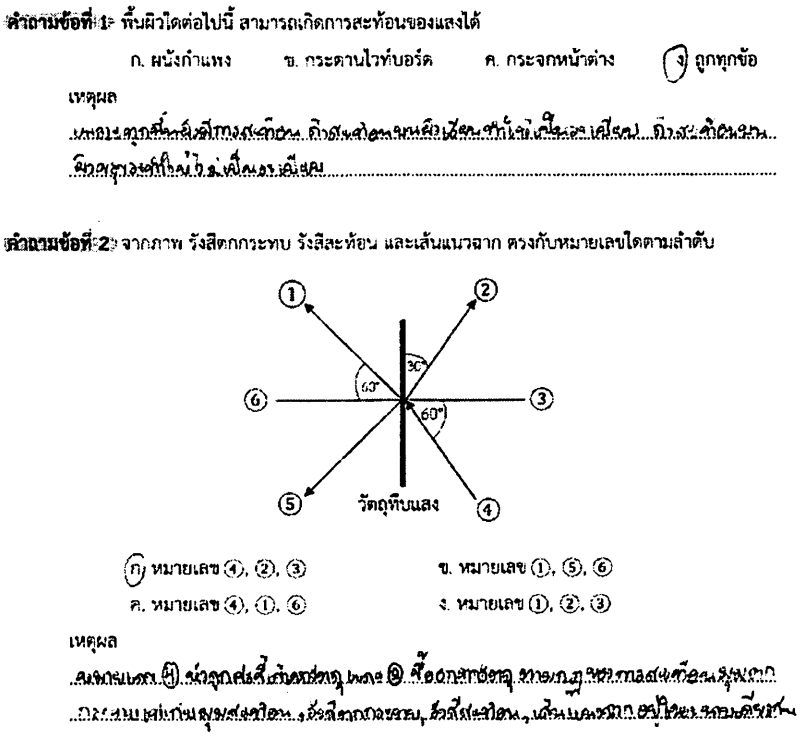
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนมีนักเรียนร้อยละ 0.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสงเลย

แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียนมีนักเรียนร้อยละ 30.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียน เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เช่น

ในคำถามข้อที่ 1 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่าพื้นผิวทุกชนิด สามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้ แต่ถ้าลักษณะของพื้นผิวแตกต่างกันจะมีผลต่อรังสี

สะท้อน โดยวัตถุผิว เรียบรังสีสะท้อนจะเป็นระเบียบ หากวัตถุผิวขรุระรังสีสะท้อนจะไม่เป็นระเบียบ และในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายกฎการสะท้อน มีการระบุมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน อธิบายลักษณะของรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจัดอยู่ในระนาบเดียวกัน ดังภาพ 16

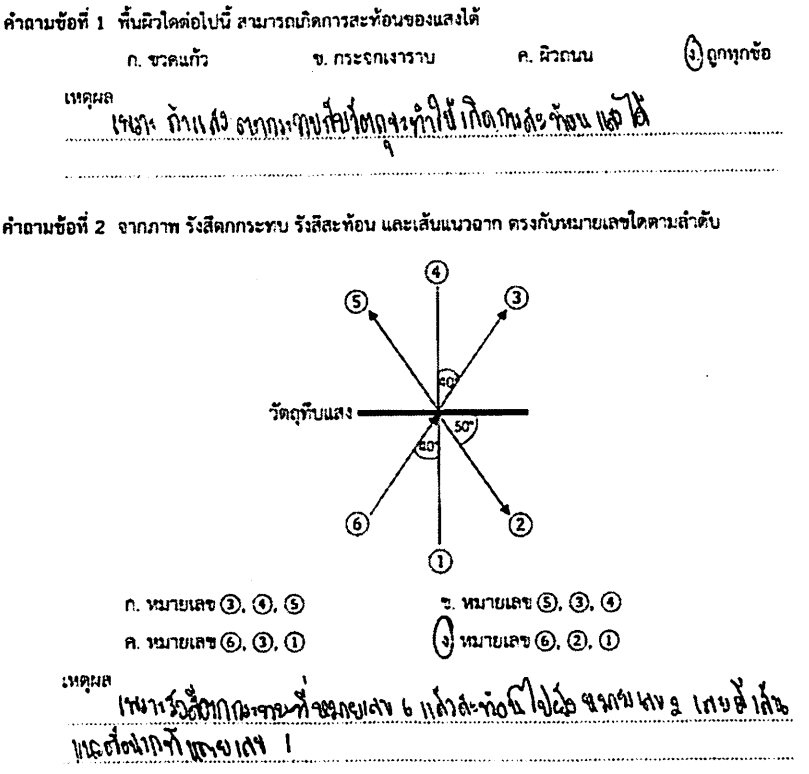


ภาพ 16 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 15.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เช่น

คำถามข้อที่ 1 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง สามารถอธิบายได้ว่าพื้นผิวทุกชนิดสามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้ แต่ไม่ได้ระบุถึงลักษณะของพื้นผิวว่าส่งผลต่อลักษณะของรังสีสะท้อนอย่างไร และในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง สามารถระบุรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนจากการพิจารณารูปภาพได้ แต่ไม่ได้ระบุว่ารังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน อยู่

ในระนาบเดียวกัน และไม่อธิบายลักษณะของมุมตกกระทบ มุมสะท้อน และเส้นแนวฉาก ดังตัวอย่างในภาพ 17

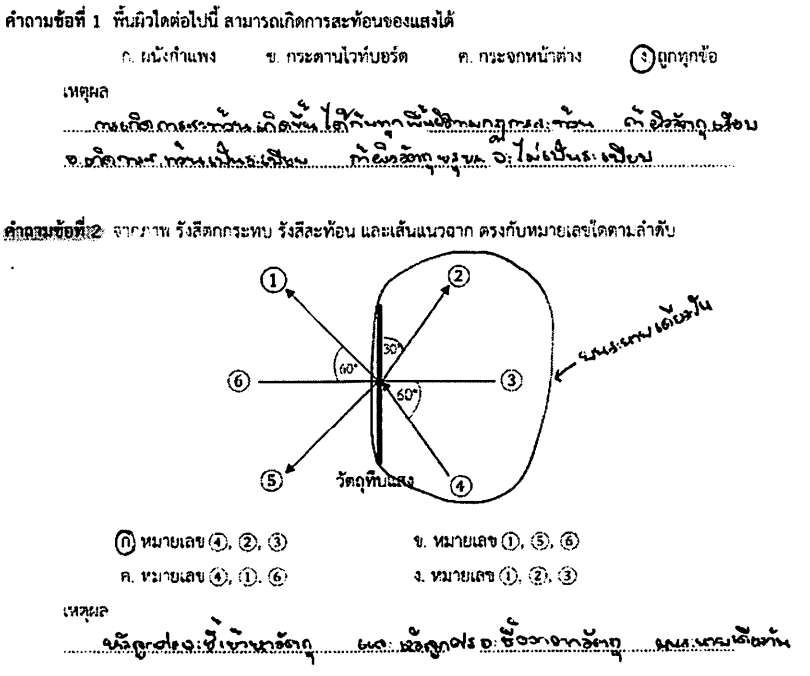


ภาพ 17 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 42.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดมากขึ้น เมื่อเทียบกับแบบวัดมโนมติก่อนเรียน แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น เช่น

คำถามข้อที่ 1 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง สามารถอธิบายได้ว่าพื้นผิวทุกชนิดสามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้ และระบุถึงลักษณะของพื้นผิวว่าส่งผลต่อลักษณะของรังสีสะท้อน แต่ในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง สามารถระบุรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนจากการพิจารณารูปภาพได้ และอธิบายได้ว่ารังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน อยู่ในระนาบ

เดียวกัน แต่ไม่ได้มีการอธิบายถึงมุมตกกระทบ มุมสะท้อน และลักษณะของเส้นแนวฉาก ดังตัวอย่างในภาพ 18



ภาพ 18 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 30.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และมีเหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เช่น

คำถามข้อที่ 1 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่คำอธิบายแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน กล่าวคือเข้าใจว่าการสะท้อนของแสงเกิดจากวัตถุผิวเรียบ มันวาว และโปร่งแสง และในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนอธิบายลักษณะเส้นรังสีตกกระทบและระบุเส้นแนวฉากถูกต้อง แต่เลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด เนื่องจากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่ารังสีสะท้อนสามารถทะลุไปอีกด้านของผิววัตถุ ดังตัวอย่างในภาพ 19

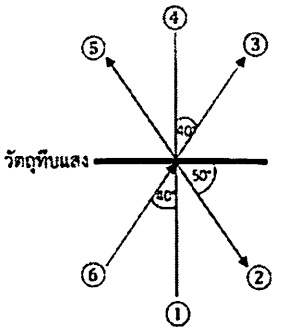
คำถามข้อที่ 1 พื้นผิวใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้

ก. ขวดแก้ว ข. กระจกเงาราบ ค. ผิวถนน ง. ถูกทุกข้อ

เหตุผล

เพราะ ผิวของ 3 อย่างนี้ มีลักษณะ เป็นมันวาว ผิวเรียบ และไม่ทำให้แสงสะท้อนได้

คำถามข้อที่ 2 จากภาพ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก ตรงกับหมายเลขใดตามลำดับ



ก. หมายเลข ③, ④, ⑤ ข. หมายเลข ⑤, ③, ④

ค. หมายเลข ⑥, ③, ① ง. หมายเลข ⑥, ②, ①

เหตุผล

เพราะ รังสีที่ตกกระทบกับวัตถุต่างๆ ในพื้นหนาจาก จะทำให้รังสีสะท้อนไปยังทิศทางต่างๆ รังสีที่ตกกระทบ มา

ภาพ 19 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 25.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และมีเหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เช่น

คำถามข้อที่ 1 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง สามารถอธิบายได้ว่าพื้นผิวทุกชนิดสามารถเกิดการสะท้อนของแสงตามกฎการสะท้อนได้ แต่ไม่ได้ระบุถึงลักษณะของพื้นผิวที่ส่งผลต่อลักษณะของรังสีสะท้อน และในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ไม่ได้กล่าวถึงรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน จะต้องจัดอยู่ในระนาบเดียวกัน แต่อธิบายว่ารังสีตกกระทบเท่ากับรังสีสะท้อน ซึ่งข้อความดังกล่าวไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในภาพ 20

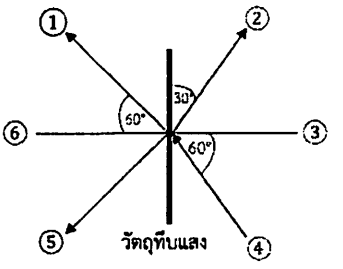
คำถามข้อที่ 1 พื้นผิวใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้

ก. ผนังก้าแพง ข. กระดานไวท์บอร์ด ค. กระจกหน้าต่าง ✗ ถูกทุกข้อ

เหตุผล

พื้นผิวทุกชนิด เกิดการสะท้อนตามกฎการสะท้อนทั้งสิ้น

คำถามข้อที่ 2 จากภาพ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก ตรงกับหมายเลขใดตามลำดับ



ก. หมายเลข ④, ②, ③ ข. หมายเลข ①, ⑤, ⑥

✗ หมายเลข ④, ①, ⑥ ง. หมายเลข ①, ②, ③

เหตุผล

รังสีตกกระทบ เท่ากับรังสีสะท้อน

ภาพ 20 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง พบว่า มีเพียงผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ที่พบนักเรียนร้อยละ 30.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเท่านั้น โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เช่น

คำถามข้อที่ 1 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่อธิบายว่าการสะท้อนของแสงเกิดขึ้นเพราะวัตถุเป็นมันวาวซึ่งเป็นเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง และในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และจากคำอธิบายแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า เส้นแนวฉากเป็นเส้นที่ขนานกับรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อน ดังภาพ 21

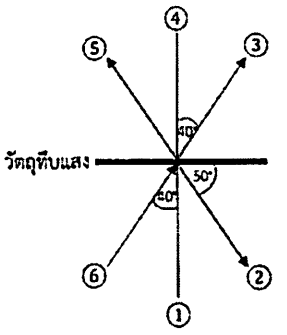
คำถามข้อที่ 1 พื้นผิวใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้

ก. ขวดแก้ว ข. กระจกเงาราบ ค. ผิวถนน ③ถูกทุกข้อ

เหตุผล

เพราะสิ่งของที่กล่าวมาข้างต้น เป็นเงาวาว

คำถามข้อที่ 2 จากภาพ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก ตรงกับหมายเลขใดตามลำดับ



ก. หมายเลข ③, ④, ⑤ ข. หมายเลข ⑤, ③, ④

ค. หมายเลข ⑥, ③, ① ง. หมายเลข ⑥, ②, ①

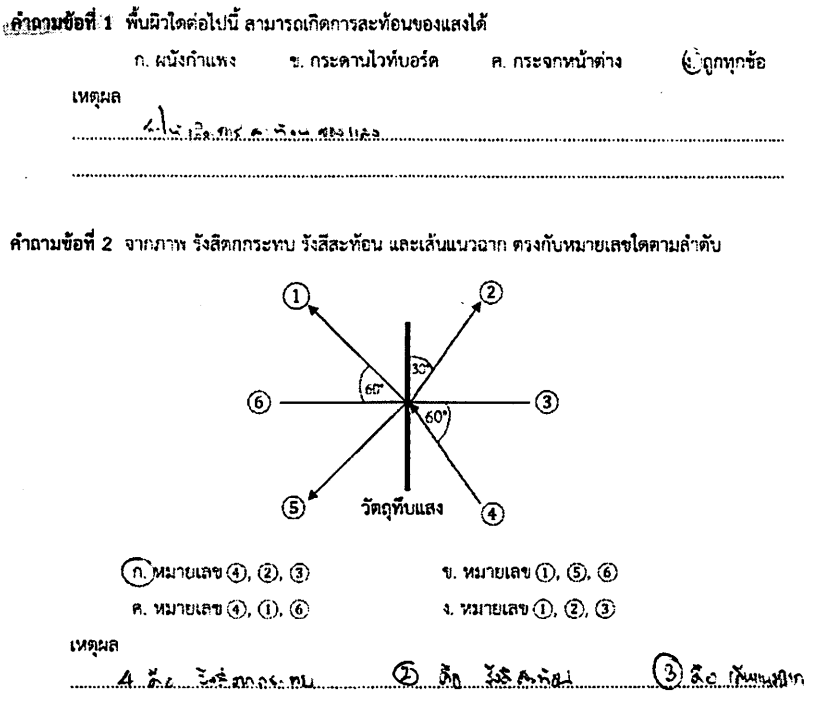
เหตุผล

ถ้ามีรังสีตกกระทบ จะมีรังสีสะท้อน และเส้นแนวเป็นเส้นที่ขนานกับรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อน

ภาพ 21 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 25.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถามในข้อนั้น และเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยในคำถามทั้ง 2 ข้อ นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลสนับสนุนการตอบที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อคำถาม ส่วน ดังตัวอย่างในภาพ 22



ภาพ 22 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

1.2 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติข้อที่ 3. – 4.

ตาราง 7 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	1 คน (2.50%)

ตาราง 7 (ต่อ)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0 คน (0.00%)	20 คน (50.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	12 คน (30.00%)	14 คน (35.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	4 คน (10.00%)	3 คน (7.50%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	24 คน (60.00%)	2 คน (5.00%)

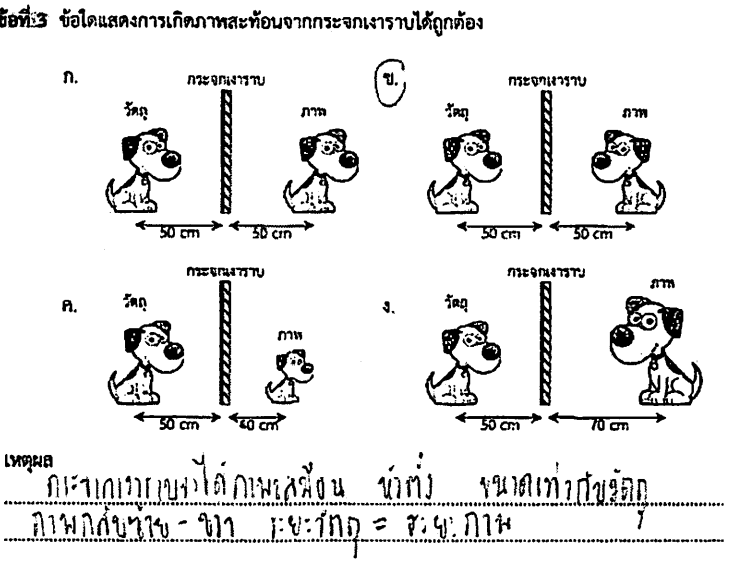
จากตาราง 7 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมากที่สุด (NU) คิดเป็นร้อยละ 60.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) และกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 2.50 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 0.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงาเลย

แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียน เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า

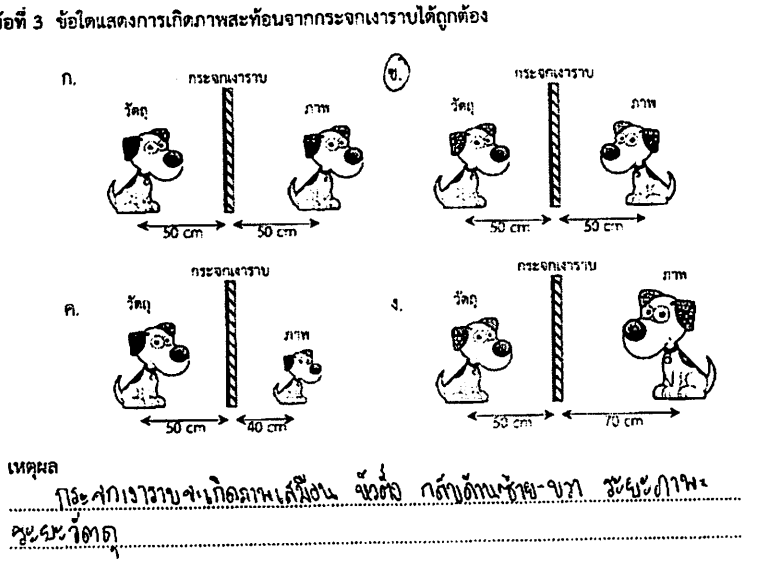
ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง กลับซ้ายขวา เกิดหลังกระจก ขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ และระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ และในคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายหลักการสำคัญที่ใช้อธิบายการเกิดภาพจากกระจกโค้งได้ โดยระบุว่ากระจกนูนมีคุณสมบัติกระจายแสง เมื่อวาดแนวรังสีสะท้อนผ่านจุด C และ จุดโฟกัส F จะได้จุดตัดเกิดภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ดังภาพ 23



ภาพ 23 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 0.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 50.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดมากขึ้น เมื่อเทียบกับแบบวัดมโนมติก่อนเรียน แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น โดยส่วนใหญ่พบว่าคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่ามีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงาราบถูกต้องสมบูรณ์ แต่ขาดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้งที่สมบูรณ์ ซึ่งในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ เป็นภาพเสมือน หัวตั้ง กลับซ้ายขวา ระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ แต่ในคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ไม่ได้มีการอธิบายถึงการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง ดังตัวอย่างในภาพ 24

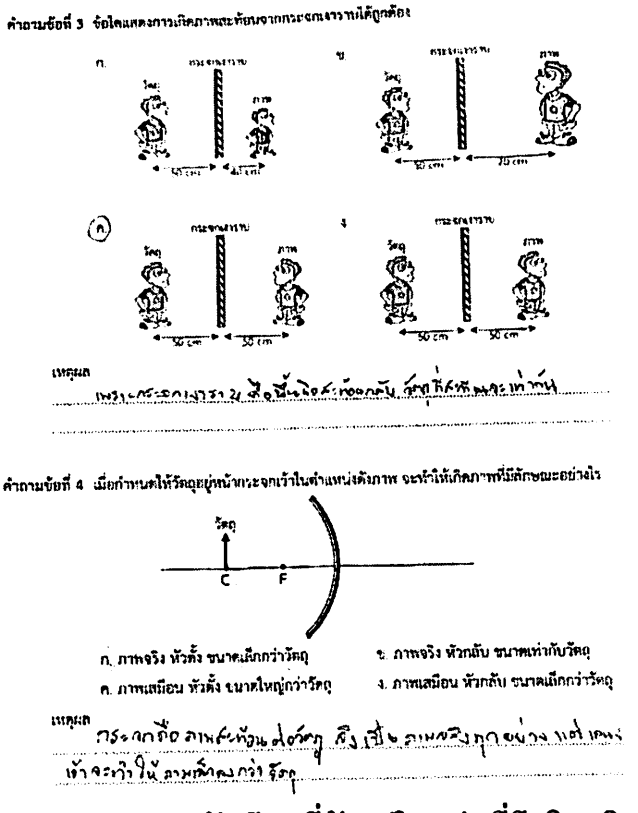


ภาพ 24 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

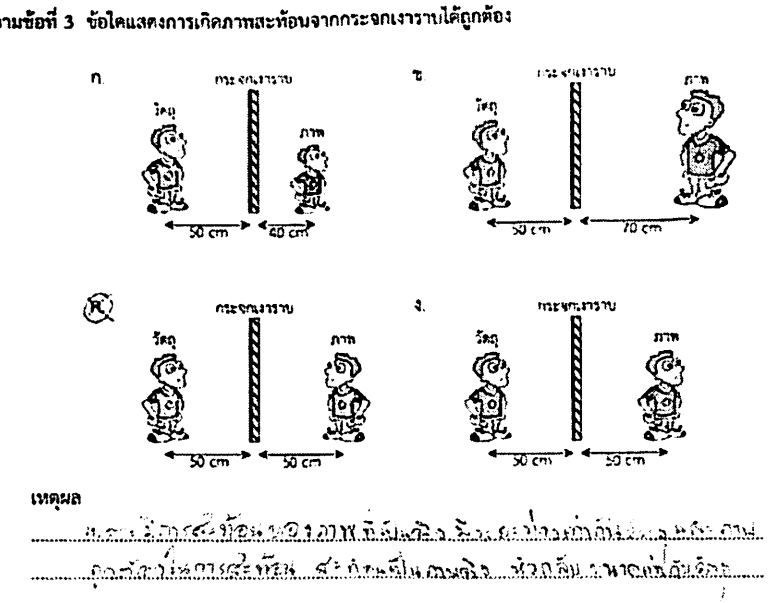
จากการศึกษา ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 30.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และมีเหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาราบและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง เช่น ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายว่าการสะท้อนจากกระจกเงาราบทำให้เกิดภาพที่มีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุจริง แต่ในคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และอธิบายว่าภาพสะท้อนจากกระจกเป็นภาพจริงทั้งหมด ซึ่งความเข้าใจดังกล่าวคลาดเคลื่อนจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ดังตัวอย่างในภาพ 25



ภาพ 25 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ เช่น ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่ากระจกเงาราบทำให้เกิดภาพที่มีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุจริง และระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ แต่มีคำอธิบายบางส่วนที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนปะปนอยู่ด้วยว่า ภาพที่เกิดจากการกระท้อนของกระจกเงาราบเป็นภาพจริง หัวกลับ ส่วนคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ไม่ได้มีการอธิบายเพิ่มเติม ดังตัวอย่างในภาพ 26

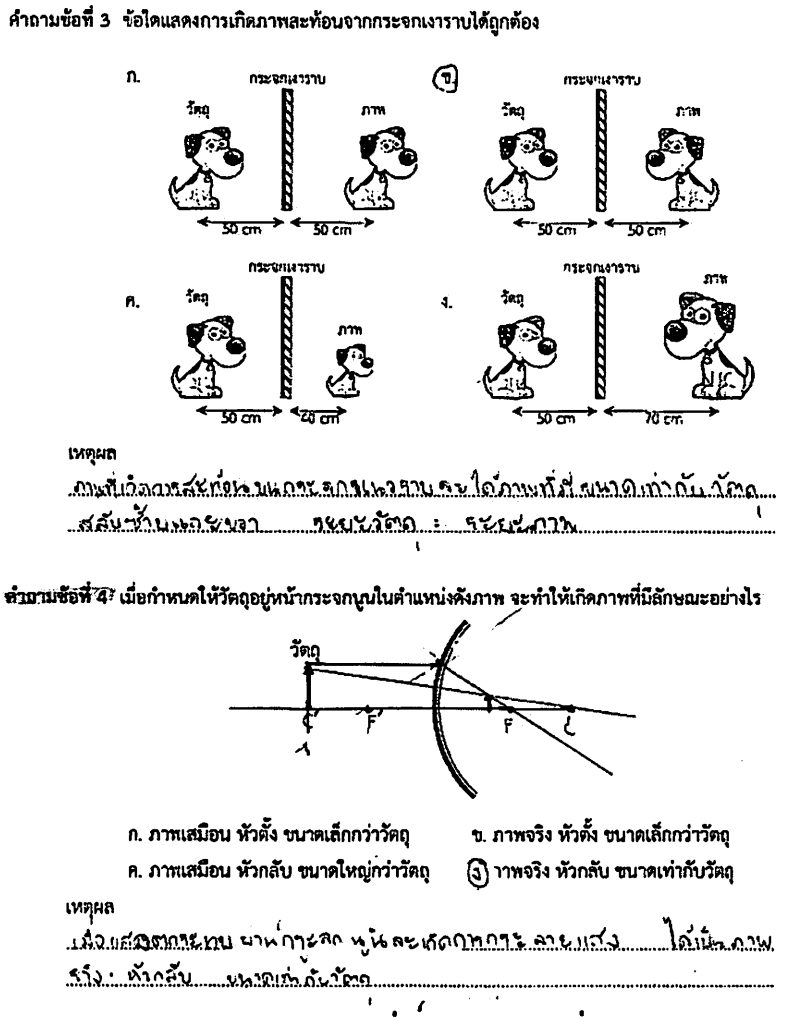


ภาพ 26 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 35.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อน โดยสามารถจำแนกแนวการตอบออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาและมีมโนมติ ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง เช่น ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุจริง กลับด้านซ้าย-ขวา และระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ ส่วนคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่คำอธิบาย

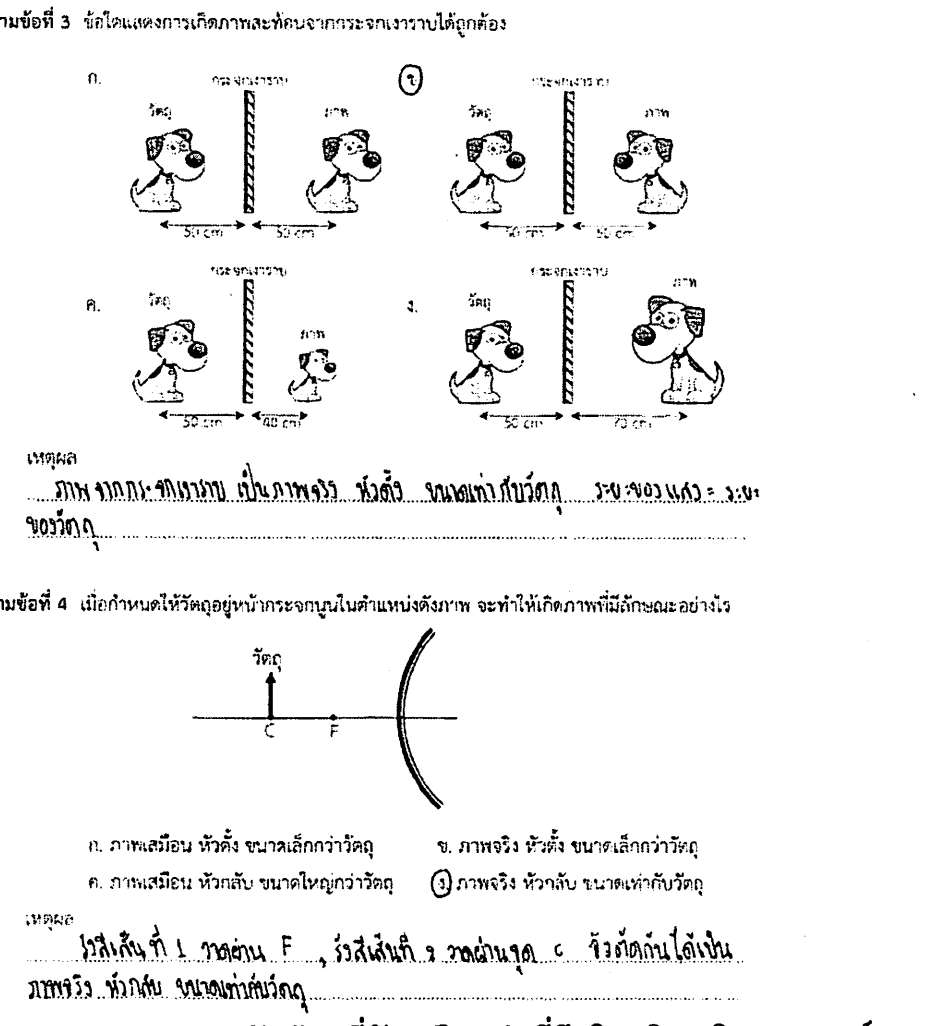
แสดงให้เห็นถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่ากระจกนูนทำให้เกิดการกระจายแสง แต่มีคำอธิบายบางส่วนที่แสดงว่านักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อน คือ ภาพจากกระจกนูนเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ ซึ่งสอดคล้องกับการวาดภาพรังสีที่นักเรียนเขียนมาในแบบทดสอบซึ่งคลาดเคลื่อนจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ ดังตัวอย่างในภาพ 27



ภาพ 27 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

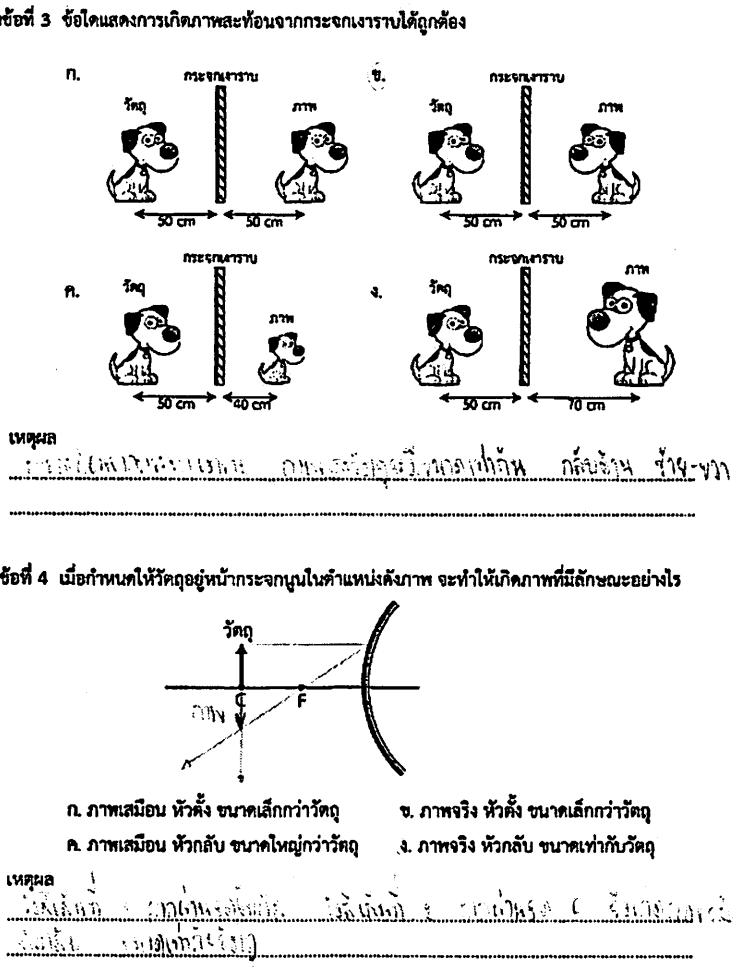
รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเกี่ยวกับกระจกเงาราบและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงา เช่น ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

ว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุจริง และระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ แต่มีคำอธิบายบางส่วนที่แสดงว่านักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อน คือ ภาพที่ได้เป็นภาพจริง ส่วนคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่คำอธิบายแสดงให้เห็นถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่าแนวรังสีสะท้อนกระจกจะผ่านจุดโฟกัสและผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งตัดกันจะเกิดภาพ แต่จากการวาดภาพอธิบายของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ ระบุว่าจุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกนูนอยู่ด้านหน้ากระจก ทำให้การวาดภาพเพื่อแสดงการเกิดภาพคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ถูกต้องเป็นผลให้นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด ดังตัวอย่างในภาพ 28



ภาพ 28 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

รูปแบบที่ 3 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาราบและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง เช่น ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุจริง และกลับด้านซ้าย-ขวา ส่วนคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และคำอธิบายแสดงให้เห็นถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเมื่อวางวัตถุตำแหน่งดังภาพหน้ากระจกนูนจะเกิดภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ และเมื่อพิจารณาการวาดแผนภาพของนักเรียนพบว่า นักเรียนระบุว่าจุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกนูนอยู่ด้านหน้ากระจกซึ่งคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ถูกต้อง เป็นผลให้นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด ดังตัวอย่างในภาพ 29

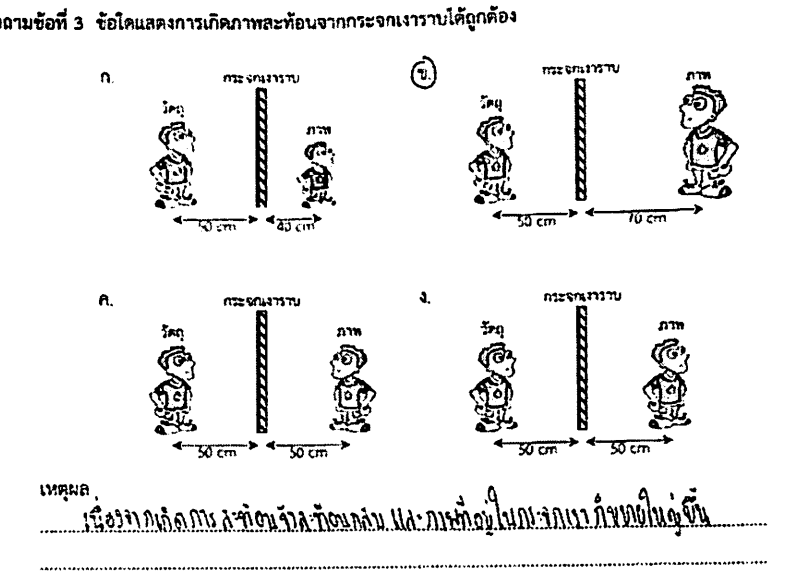


ภาพ 29 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 3 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา พบว่า มีเพียงผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ที่พบนักเรียนร้อยละ 10.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเท่านั้น โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

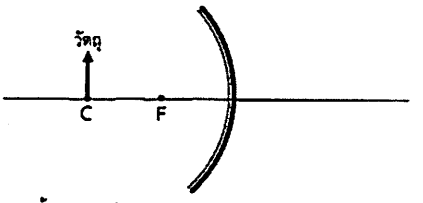
รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ โดยในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน กล่าวคือ อธิบายว่าภาพจากกระจกเงาราบเกิดจากการสะท้อนกลับทำให้ขยายขนาดใหญ่ขึ้น ดังตัวอย่างในภาพ 30



ภาพ 30 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง โดยในคำถามข้อที่ 4 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน กล่าวคือ อธิบายว่าภาพจากกระจกเงาโค้งมีขนาดเล็กกว่าวัตถุจริง เนื่องจากความเงาและโค้งของกระจก ดังตัวอย่างในภาพ 31

คำถามข้อที่ 4 เมื่อกำหนดให้วัตถุอยู่หน้ากระจกเว้าในตำแหน่งดังภาพ จะทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะอย่างไร



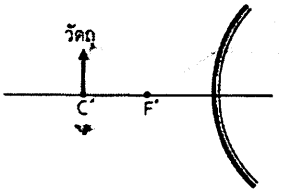
ก. ภาพจริง หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
ข. ภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ
ค. ภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
ง. ภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

เหตุผล
เพราะ มีลักษณะการเกิดภาพเหมือนกระจกเงาเว้า

ภาพ 31 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 7.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน เมื่อพิจารณาจากแนวการตอบคำถามพบว่า นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด พร้อมทั้งอธิบายว่ากระจกนูนทำหน้าที่รวมแสง ซึ่งเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนจากมโนมติในเรื่องนั้น ดังตัวอย่างในภาพ 32

คำถามข้อที่ 4 เมื่อกำหนดให้วัตถุอยู่หน้ากระจกนูนในตำแหน่งดังภาพ จะทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะอย่างไร



ก. ภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
ข. ภาพจริง หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
ค. ภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
ง. ภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ

เหตุผล
ตัวรูป ที่ ครู ถามนักเรียนเรื่อง การเกิดภาพจากกระจกนูน
สะท้อนเป็นรังสีคู่ขนาน และตัดกันที่จุดโฟกัสจริง เกิดภาพจริง
หัวกลับ ขนาดเท่าวัตถุ

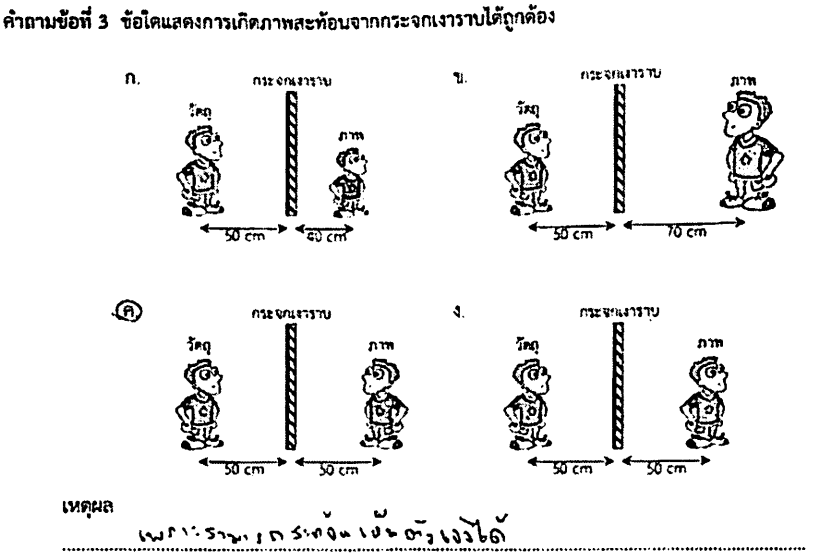
ภาพ 32 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 60.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดย นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายไม่ตรงคำถาม โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่คำอธิบายเหตุผลไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงา ดังตัวอย่างในภาพ 33



ภาพ 33 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 5.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลใน การเลือกตอบมา

1.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติ ข้อที่ 5. – 6.

ตาราง 8 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง

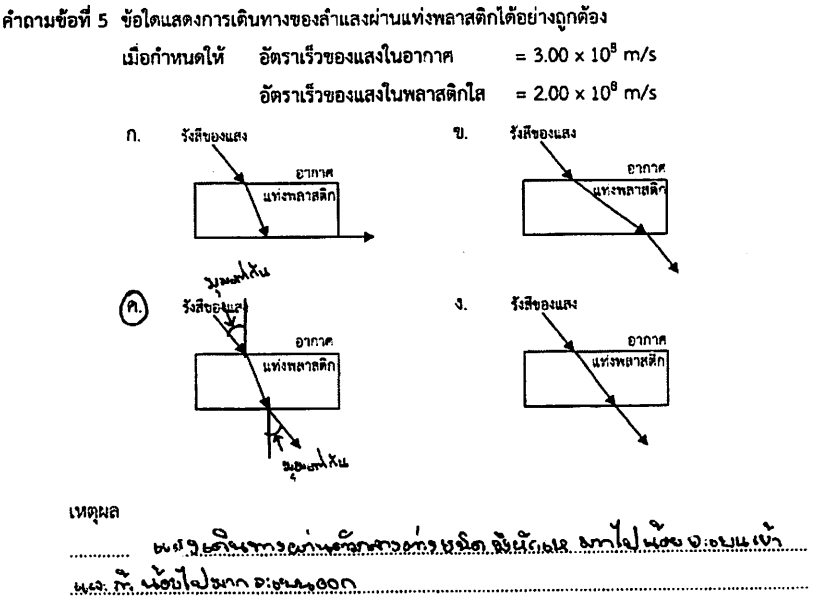
ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 3 การหักเหของแสง	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	8 คน (20.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0 คน (0.00%)	23 คน (57.50%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	6 คน (15.00%)	6 คน (15.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	0 คน (0.00%)	2 คน (5.00%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	34 คน (85.00%)	1 คน (2.50%)

จากตาราง 8 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมากที่สุด (NU) คิดเป็นร้อยละ 85.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) และกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.50 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU) คิดเป็นร้อยละ 2.50 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่พบ นักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสงเลย

แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 20.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียน เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน จะเกิดการหักเหของแสง หากแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมากไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อย รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก แต่ถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อยไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมาก รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก ดังตัวอย่างในภาพ 34



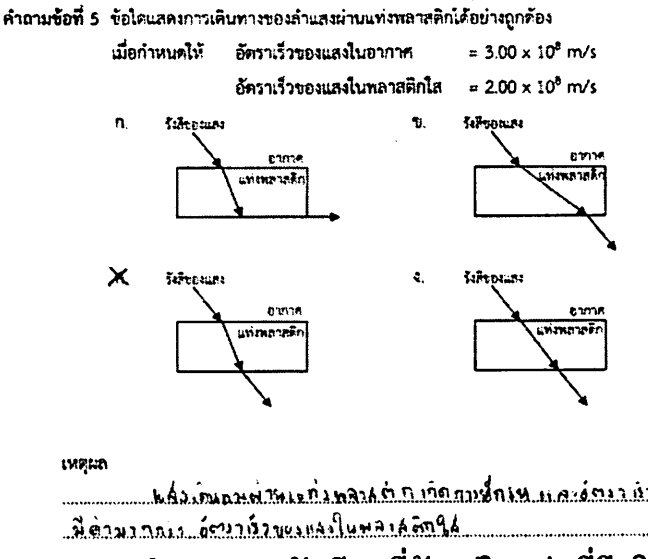
ภาพ 34 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่มีนักเรียน จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

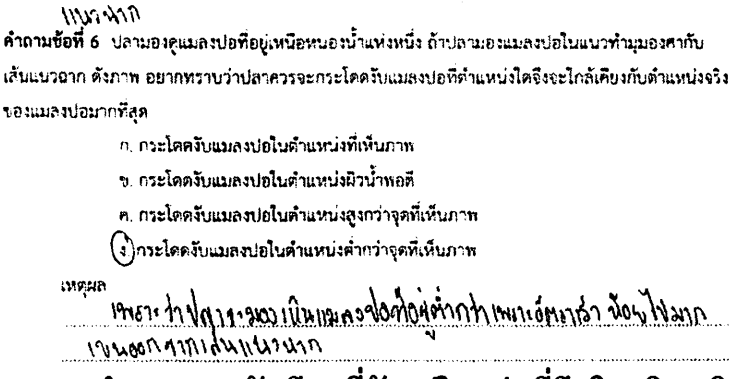
โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 57.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น สามารถจำแนกแนวการตอบคำถามได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวถึงลักษณะของตัวกลางที่มีผลต่อการหักเหของแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 5 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่อธิบายเพียงแค่ว่าเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้เกิดการหักเหของแสงเท่านั้น ถึงแม้จะมีการกล่าวถึงอัตราเร็วของแสงในตัวกลางแต่ละชนิด แต่ไม่ได้มีการระบุความสัมพันธ์ของอัตราเร็วดังกล่าวกับขนาดของมุมหักเห ดังตัวอย่างในภาพ 35



ภาพ 35 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวถึงอัตราเร็วของแสงในตัวกลางต่างชนิดที่มีผลต่อมุมหักเห เช่น ในคำถามข้อที่ 6 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูก แต่มีการอธิบายที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่าเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อยไปมากจะทำให้เส้นรังสีของแสงเบนออกจากเส้นแนวฉาก ดังตัวอย่างในภาพ 36


คำถามข้อที่ 6 ปลามองดูแมลงปอที่อยู่เหนือหนองน้ำแห่งหนึ่ง ถ้าปลามองแมลงปอในแนวทำมุมอยู่กับเส้นแนวฉาก ดังภาพ อยากทราบว่าปลาควรจะกระโดดงับแมลงปอที่ตำแหน่งใดจึงจะใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงของแมลงปอมากที่สุด

ก. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งที่เห็นภาพ

ข. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งผิวน้ำพอดี

ค. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งสูงกว่าจุดที่เห็นภาพ

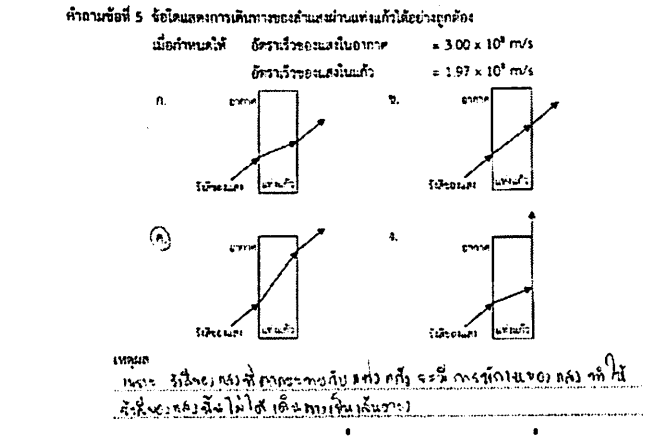
ง. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งต่ำกว่าจุดที่เห็นภาพ

เหตุผล

ภาพ 36 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 15.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และมีเหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการหักเหของแสงได้ถูกต้องบางส่วน เช่น ในคำถามข้อที่ 5 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่มีการอธิบายว่าเมื่อแสงตกกระทบแห่งแก้วจะเกิดการหักเหของแสง ทำให้แนวรังสีของแสงไม่เป็นเส้นตรง ดังตัวอย่างในภาพ 37


คำถามข้อที่ 5 ข้อใดแสดงการเดินทางของลำแสงผ่านแท่งแก้วได้อย่างถูกต้อง

เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00 x 10⁸ m/s

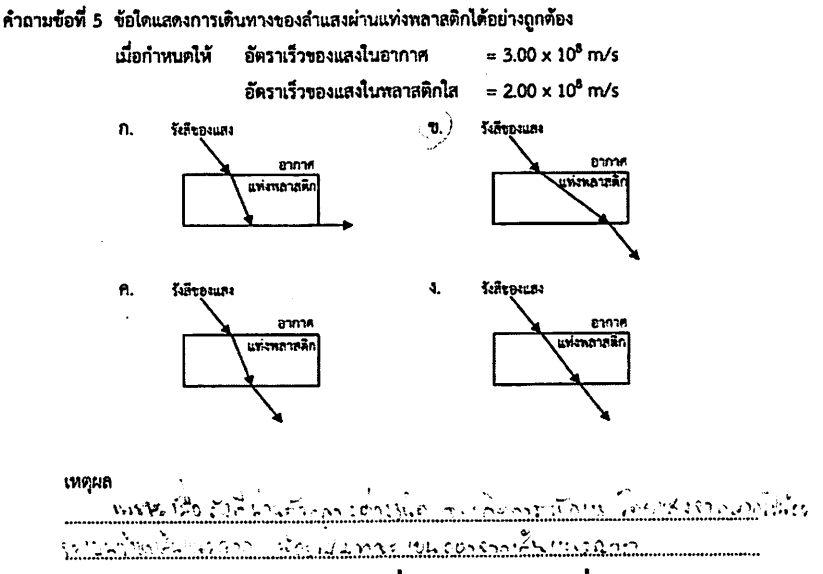
อัตราเร็วของแสงในแก้ว = 1.97 x 10⁸ m/s

ก. ข. ค. ง.

เหตุผล

ภาพ 37 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 15.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสงได้ถูกต้อง เช่น ในคำถามข้อที่ 5 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่มีการอธิบายว่าเมื่อรังสีของแสงเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะเกิดการหักเหของแสง โดยเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมากไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อย รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก แต่ถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อยไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมาก รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก ดังตัวอย่างในภาพ 38

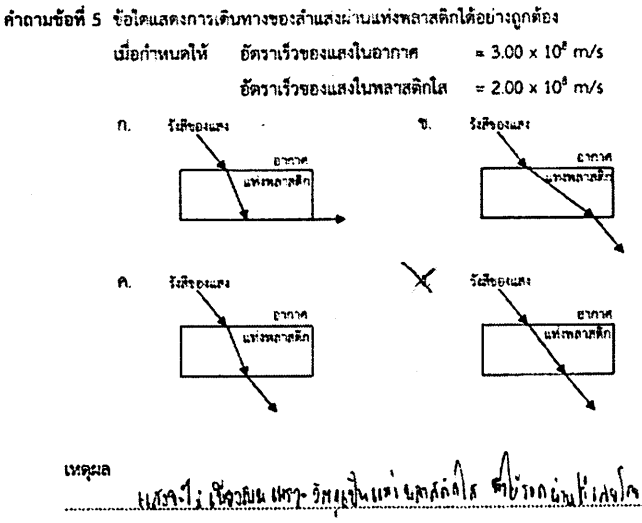


ภาพ 38 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

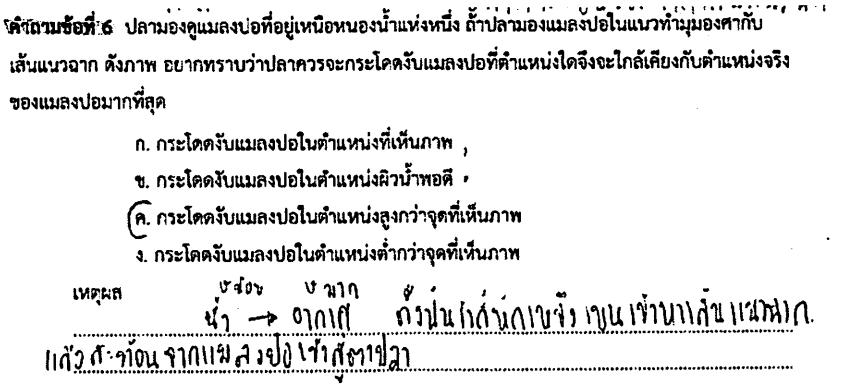
จากการศึกษา ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเลย แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสงเลย แต่ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 5.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาจากแนวการตอบคำถามพบว่ามี 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนโดยการกล่าวถึงลักษณะของตัวกลางที่มีผลต่อการหักเหของแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 5 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และอธิบายว่าแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรงเมื่อเดินทางผ่านแท่งพลาสติกใส ดังตัวอย่างในภาพ 39



ภาพ 39 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนโดยการกล่าวถึงอัตราเร็วของแสงในตัวกลางต่างชนิดที่มีผลต่อมุมหักเห เช่น ในคำถามข้อที่ 6 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อยไปมากจะทำให้เส้นรังสีของแสงเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก ดังตัวอย่างในภาพ 40



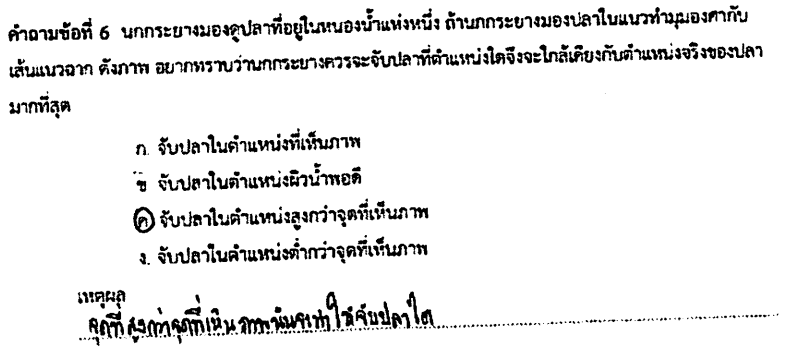
ภาพ 40 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 85.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดย นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายไม่ตรงคำถาม โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่คำอธิบายเหตุผลไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การหักเหของแสง ดังตัวอย่างในภาพ 41


คำถามข้อที่ 6 นกกระยางมองดูปลาที่อยู่ในหนองน้ำแห่งหนึ่ง ถ้านกกระยางมองปลาในแนวทำมุมองศากับเส้นแนวฉาก ดังภาพ อยากทราบว่านกกระยางควรจะจับปลาที่ตำแหน่งใดจึงจะใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงของปลามากที่สุด

ก. จับปลาในตำแหน่งที่เห็นภาพ
ข. จับปลาในตำแหน่งผิวน้ำพอดี
ค. จับปลาในตำแหน่งสูงกว่าจุดที่เห็นภาพ
ง. จับปลาในตำแหน่งต่ำกว่าจุดที่เห็นภาพ

เหตุผล
จุดที่สูงกว่าจุดที่เห็นภาพนั่นแหล่ะใช้จับปลาได้

ภาพ 41 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

และภายหลังเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 2.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบเช่นเดียวกับผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ดังตัวอย่างในภาพ 42 ซึ่งนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบโดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติที่พิจารณา

คำถามข้อที่ 6 ปลามองดูแมลงปอที่อยู่เหนือหนองน้ำแห่งหนึ่ง ถ้าปลามองแมลงปอในแนวทำมุมองศากับเส้นแนวฉาก ดังภาพ อยากทราบว่าปลาควรจะกระโดดงับแมลงปอที่ตำแหน่งใดจึงจะใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงของแมลงปอมากที่สุด

ก. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งที่เห็นภาพ

ข. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งผิวน้ำพอดี

ค. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งสูงกว่าจุดที่เห็นภาพ

ง. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งต่ำกว่าจุดที่เห็นภาพ

เหตุผล

เพราะเป็นภาพหลอกตา จะทำให้เห็นแมลงปออยู่ในตำแหน่งสูง

ภาพ 42 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

1.4 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติข้อที่ 7. – 8.

ตาราง 9 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด

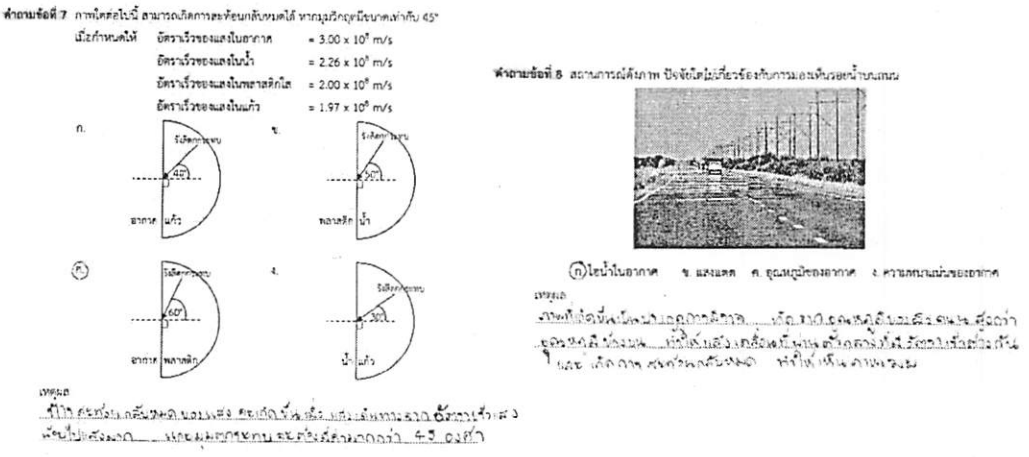
ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	16 คน (40.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0 คน (0.00%)	15 คน (37.50%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	1 คน (2.50%)	7 คน (17.50%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	4 คน (10.00%)	0 คน (0.00%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	35 คน (87.50%)	2 คน (5.00%)

จากตาราง 9 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมากที่สุด (NU) คิดเป็นร้อยละ 87.50 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) คิดเป็นร้อยละ 0.00 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่พบ นักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมดเลย

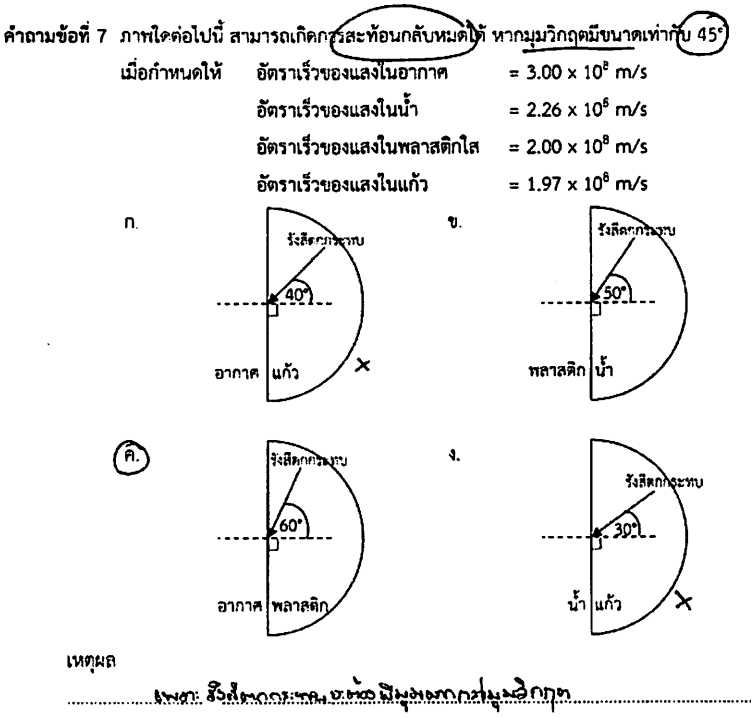
แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 40.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียน เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่าการสะท้อนกลับหมดของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วมากกว่า โดยมุมตกกระทบมีขนาดมากกว่ามุมวิกฤติ ดังตัวอย่างในภาพ 43



ภาพ 43 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

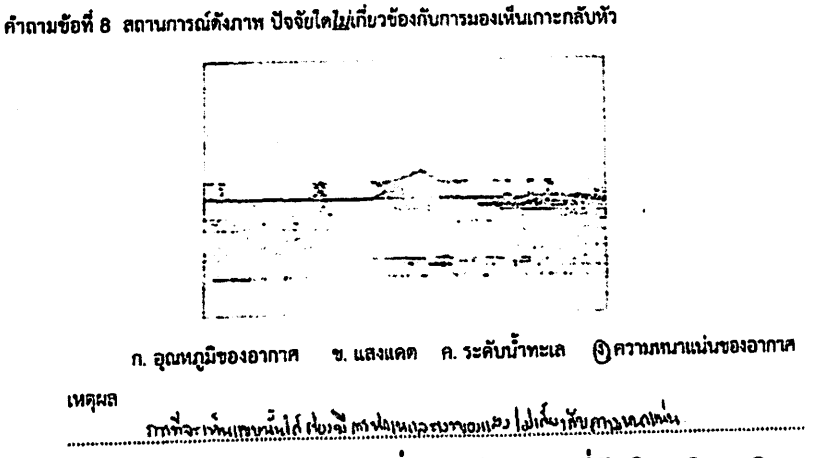
จากการศึกษา ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่มีนักเรียน จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 37.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น เมื่อพิจารณาแนวการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนทุกคนที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้สามารถเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูก และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน โดยการกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบกับมุมวิกฤต เช่น ในคำถามข้อที่ 7 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูก แต่มีการอธิบายที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่ารังสีตกกระทบจะต้องมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต ดังตัวอย่างในภาพ 44



ภาพ 44 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนเพียงแค่ 1 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และมีเหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดได้ถูกต้องบางส่วน โดยในคำถามข้อที่ 8 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่มีการอธิบายว่าการมองเห็นเกาะกลับหัวเป็นผลมาจากการหักเหของแสง แต่กลับระบุว่าความหนาแน่นของอากาศไม่ส่งผลต่อการเกิดสถานการณ์ดังกล่าว ดังตัวอย่างในภาพ 45



ภาพ 45 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 17.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดได้ถูกต้อง โดยในคำถามข้อที่ 7 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่มีการอธิบายว่ามุมตกกระทบจะต้องมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต ดังตัวอย่างในภาพ 46

มุมตกกระทบ มากกว่า 45°

คำถามข้อที่ 7 ภาพใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนกลับหมดได้ หากมุมวิกฤตมีขนาดเท่ากับ 45°

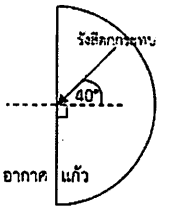
เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในน้ำ = 2.26×10^8 m/s

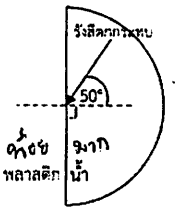
อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส = 2.00×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในแก้ว = 1.97×10^8 m/s

ก.

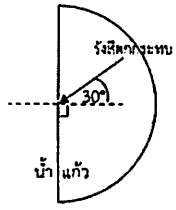


ข.



ค.

ง.



เหตุผล

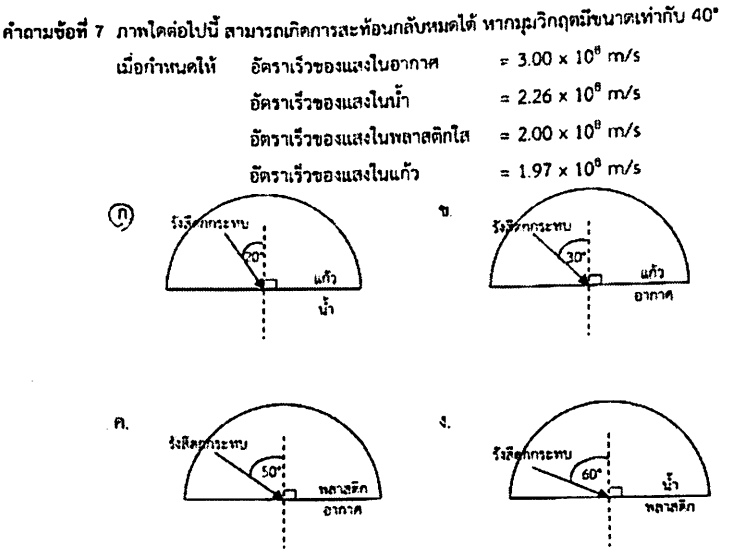
เกิดการสะท้อนกลับหมด

มุมตกกระทบ จะมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต

ภาพ 46 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 10.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบ พบนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการสะท้อนกลับหมดมีลักษณะเช่นเดียวกับกฎการสะท้อนของแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 7 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายว่าการสะท้อนกลับหมดจะมีมุมตกกระทบต้องเท่ากับมุมสะท้อน นอกจากนี้นักเรียนยังมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนอีกว่าในตัวเลือกที่นักเรียนเลือกตอบนั้นมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับ 40° ดังตัวอย่างในภาพ 47



ภาพ 47 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

และภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน ไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเลย

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 87.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดย นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายไม่ตรงคำถามหรืออธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ดังตัวอย่างในภาพ 48 ซึ่งในคำถามข้อที่ 7 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง ส่วนในคำถามข้อที่ 8 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด

แต่คำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบของทั้งสองข้อนั้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดเลย

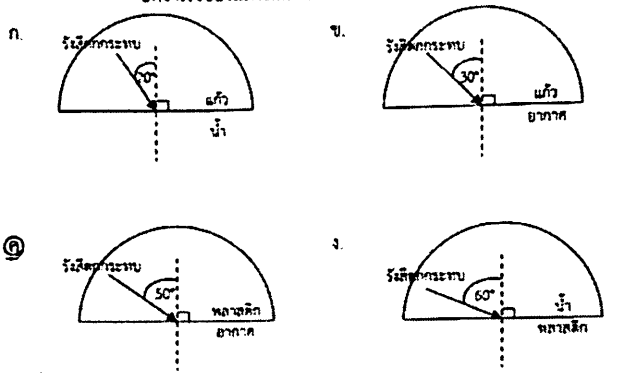
คำถามข้อที่ 7 ภาพใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนกลับหมดได้ หากมุมวิกฤตมีขนาดเท่ากับ 40°

เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในน้ำ = 2.26×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส = 2.00×10^8 m/s

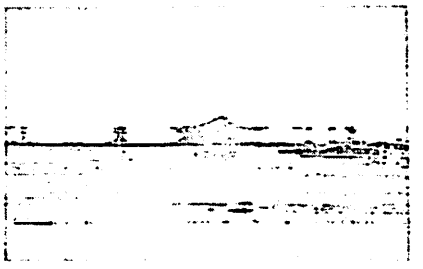
อัตราเร็วของแสงในแก้ว = 1.97×10^8 m/s



เหตุผล

ผ่านได้ง่าย

คำถามข้อที่ 8 สถานการณ์ดังภาพ ปัจจัยใด*ไม่*เกี่ยวข้องกับการมองเห็นเกาะกลับหัว



ก. อุณหภูมิของอากาศ ข. แสงแดด ค. ระดับน้ำทะเล ง. ความหนาแน่นของอากาศ

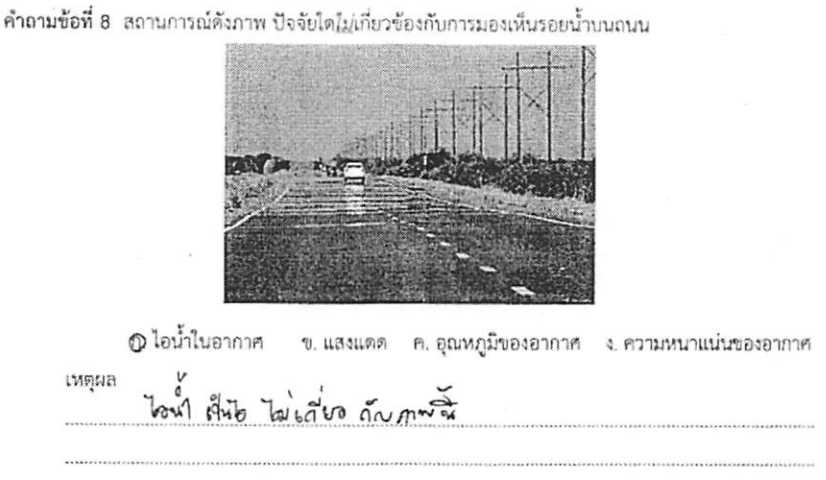
เหตุผล

ไม่มีผลต่อการมองเห็น

ภาพ 48 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

และภายหลังเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 5.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ดังตัวอย่างในภาพ 49 ซึ่งใน

คำถามข้อที่ 8 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่คำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบนั้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดเลย



ภาพ 49 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

1.5 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติข้อที่ 9. – 10.

ตาราง 10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	10 คน (25.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0 คน (0.00%)	21 คน (52.50%)

ตาราง 10 (ต่อ)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	6 คน (15.00%)	5 คน (12.50%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	10 คน (25.00%)	3 คน (7.50%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	24 คน (60.00%)	1 คน (2.50%)

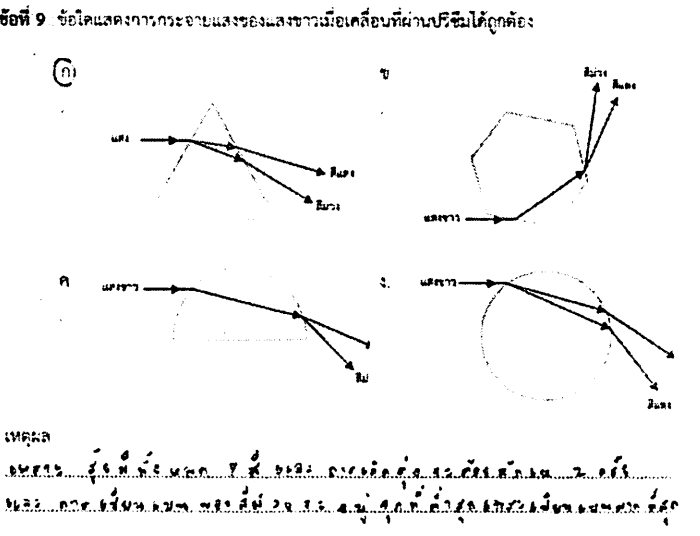
จากตาราง 10 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมากที่สุด (NU) คิดเป็นร้อยละ 60.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 52.50 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU) คิดเป็นร้อยละ 2.50 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่พบ นักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาวเลย

แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียนมีนักเรียนร้อยละ 25.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียน เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่าแสงขาวประกอบด้วย 7 แสงสีรวมกัน ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมหรือตัวกลางใดๆ จะเกิดการหักเหของแสงและกระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ โดยแสงสีม่วงจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด และแสงสีแดงจะมีมุม

เบี่ยงเบนน้อยที่สุด ดังตัวอย่างในภาพ 50 ซึ่งในคำถามข้อที่ 9 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิเหตุผลในการเลือกตอบที่แสดงว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยสื่อให้เห็นว่า รุ้งเกิดจากการกระจายของแสงขาว เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดจะเกิดการหักเหของแสงและกระจายออกเป็นสีต่างๆ และแสงสีม่วงจะเกิดการเบี่ยงเบนมากที่สุด แนวรังสีจึงอยู่ด้านล่างแสงสีแดง



ภาพ 50 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

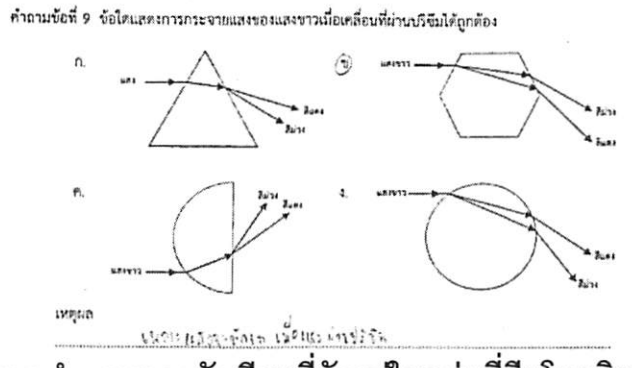
จากการศึกษา ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่มีนักเรียน จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 52.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น เมื่อพิจารณาแนวการตอบคำถามของนักเรียนพบว่านักเรียนทุกคนที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้สามารถเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูก และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวถึงแสงขาวเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมหรือตัวกลางใดๆ จะเกิดการหักเหของแสงและกระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ แต่ไม่มีการอธิบายถึงมุมเบี่ยงเบนของแต่ละแสงสี เช่น ในคำถามข้อที่ 10 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูก แต่มีการอธิบายที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโน

มติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่าพระอาทิตย์ทรงเกิดจากการหักเหของแสงผ่านผลึกน้ำแข็งและกระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ ดังตัวอย่างในภาพ 51

ภาพ 51 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

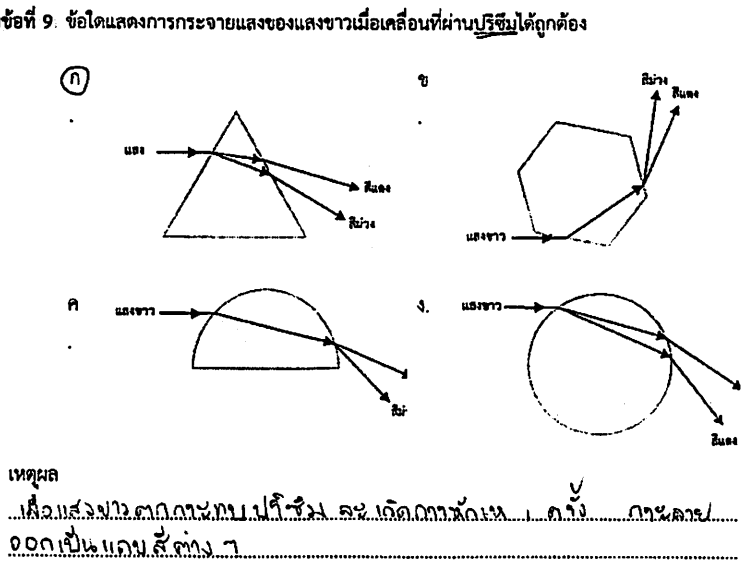
จากการศึกษา ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 15.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งคำตอบทั้งหมดที่พบ คือ นักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด โดยในคำถามข้อที่ 9 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่มีการอธิบายว่าแสงจะเกิดการหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึม ดังตัวอย่างในภาพ 52



ภาพ 52 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 12.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบสามารถจำแนกแนวการตอบได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

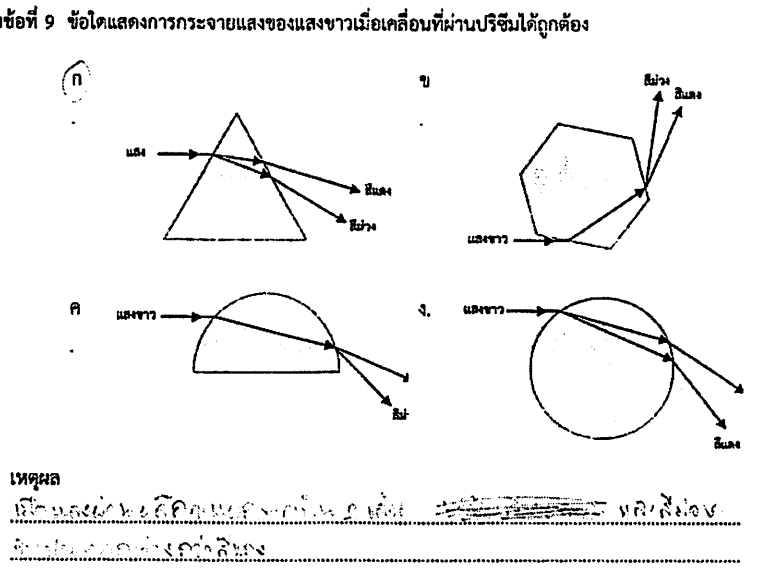
รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่าเมื่อแสงขาวเดินทางผ่านปริซึมจะเกิดการกระจายแสงออกเป็นแสงสีต่างๆ แต่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการหักเหของแสงขาวแล้วทำให้เกิดการกระจายแสงออกเป็นแสงสีต่างๆเกิดขึ้นเฉพาะภายนอกปริซึม เช่น ในคำถามข้อที่ 9 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านปริซึมออกมาจะเกิดการหักเหกระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านปริซึมออกมาจะเกิดการหักเหเพียงแค่ 1 ครั้ง ดังตัวอย่างในภาพ 53



ภาพ 53 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่าเมื่อแสงขาวเดินทางผ่านปริซึมจะเกิดหักเหของแสง โดยแสงสีม่วงจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด และแสงสีแดงจะมีมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด แต่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการหักเหของแสงขาวแล้วทำให้เกิดการกระจายแสงออกเป็นแสงสีเพียงแค่ 2 แสงสีเท่านั้น เช่น ในคำถามข้อที่ 9 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่าเมื่อแสง

เคลื่อนที่ผ่านปริซึมจะเกิดหักเหของแสง โดยแสงสีม่วงจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านปริซึมจะเกิดการหักเหแยกออกเป็น 2 แสงสี ดังตัวอย่างในภาพ 54



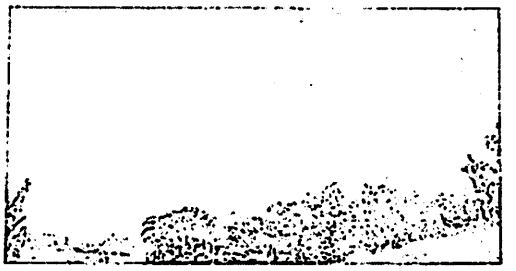
ภาพ 54 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 25.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบสามารถจำแนกแนวการตอบได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่ารุ้งเกิดได้กับน้ำเท่านั้น เช่น ในคำถามข้อที่ 10 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่ารุ้งเกิดจากละอองฝนเช่นเดียวกับภาพสะท้อนบนผิวน้ำที่เกิดจากละอองน้ำ ดังตัวอย่างในภาพ 55

คำถามข้อที่ 10 จากสถานการณ์การเกิดรุ้งดังภาพ สามารถอธิบายด้วยหลักการเช่นเดียวกับปรากฏการณ์ใด



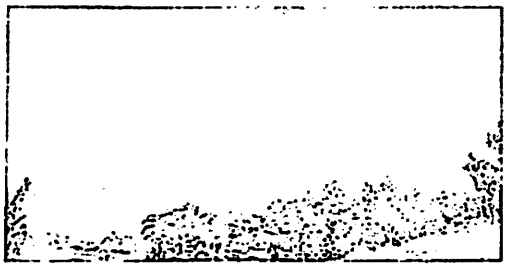
ก. มิราจ
ข. พระอาทิตย์ทรงกลด
ค. ภาพสะท้อนบนผิวน้ำ
ง. การเกิดภาพของกระจกโค้งจราจร

เหตุผล
เพราะ เกิดจาก ละอองฝนและแสง ส่วน ภาพสะท้อนบนผิวน้ำเกิดจาก ละอองน้ำและแสง

ภาพ 55 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่ารุ้งเกิดจากการสะท้อนจากน้ำ เช่น ในคำถามข้อที่ 10 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าน้ำทำให้เกิดการสะท้อนแล้วเกิดเป็นรุ้ง ดังตัวอย่างในภาพ 56

คำถามข้อที่ 10 จากสถานการณ์การเกิดรุ้งดังภาพ สามารถอธิบายด้วยหลักการเช่นเดียวกับปรากฏการณ์ใด



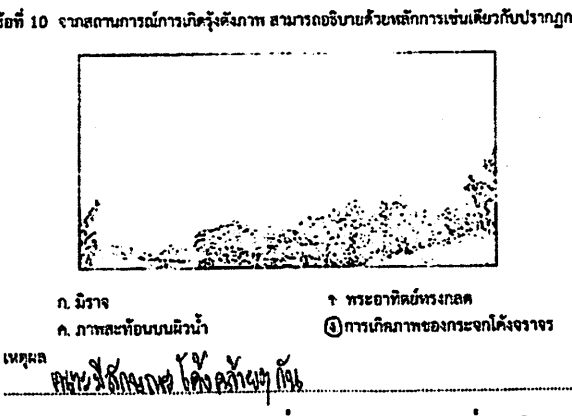
ก. มิราจ
ข. พระอาทิตย์ทรงกลด
ค. ภาพสะท้อนบนผิวน้ำ
ง. การเกิดภาพของกระจกโค้งจราจร

เหตุผล
เพราะสามารถทำให้เกิดการสะท้อนทำให้เกิดสายรุ้ง

ภาพ 56 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

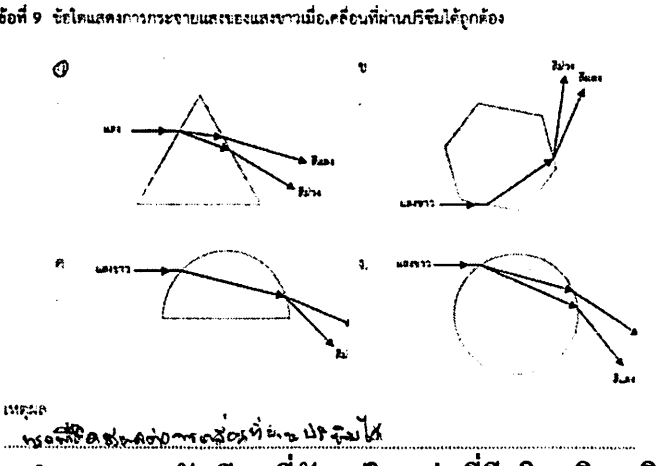
รูปแบบที่ 3 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่ารุ้งมีลักษณะโค้งเช่นเดียวกับภาพจากกระจกโค้ง เช่น ในคำถามข้อที่ 10 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมี

การอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่ารุ้งมีลักษณะโค้งด้วยสาเหตุเช่นเดียวกับการเกิดภาพจากกระจกโค้ง ดังตัวอย่างในภาพ 57



ภาพ 57 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 3 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

และภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 7.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบ พบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการกระจายแสงของแสงขาวขึ้นอยู่กับชนิดของปริซึม เช่น ในคำถามข้อที่ 9 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการกระจายแสงของแสงขาวจะเกิดกับรูปทรงพีระมิด ดังตัวอย่างในภาพ 58



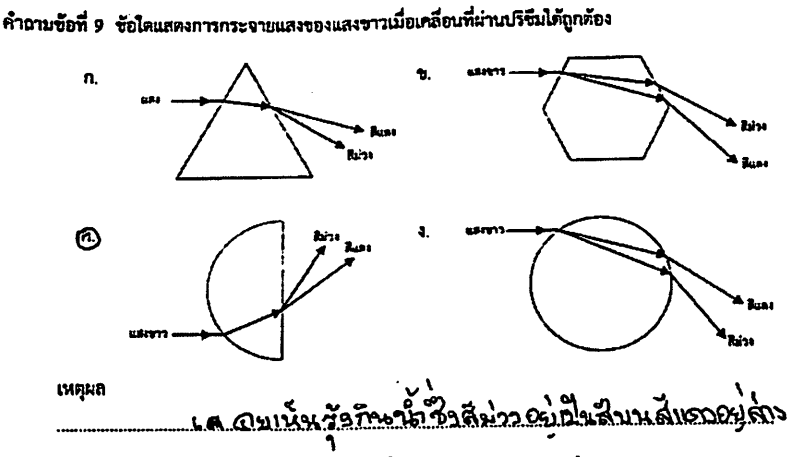
ภาพ 58 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 60.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดย นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายไม่ตรงคำถามหรืออธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ดังตัวอย่างในภาพ 59 ซึ่งในคำถามข้อที่ 9 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดเลย

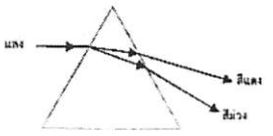


ภาพ 59 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

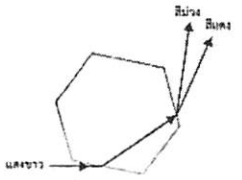
และภายหลังเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนเพียงแค่ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และอธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ดังตัวอย่างในภาพ 60 ซึ่งในคำถามข้อที่ 9 และคำถามข้อที่ 10 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบนั้นโดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การกระจายแสงของแสงขาว

คำถามข้อที่ 9 ข้อใดแสดงการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมได้ถูกต้อง

ก

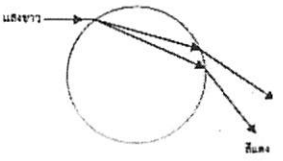


ข



ค

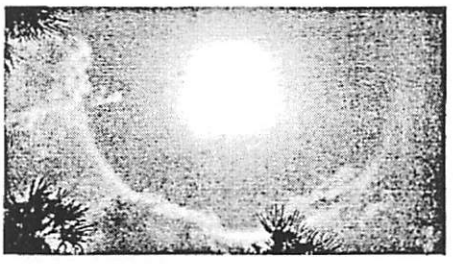
ง.



เหตุผล

ข้อ 1 เพราะ

คำถามข้อที่ 10 สถานการณ์การเกิดพระอาทิตย์ทรงกลดดังภาพ สามารถอธิบายด้วยหลักการเช่นเดียวกับปรากฏการณ์ใด



(ก) การเกิดภาพของกระจกโค้งจราจร
ข. ภาพมิราจ
ค. ความระยิบระยับของเพชรที่เจียระไนแล้ว
ง. ภาพสะท้อนบนผิวน้ำ

เหตุผล

ไม่ทราบเพราะข้อ

ภาพ 60 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

1.6 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติข้อที่ 11. – 12.

ตาราง 11 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	10 คน (25.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	8 คน (20.00%)	12 คน (30.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	2 คน (5.00%)	10 คน (25.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	6 คน (15.00%)	8 คน (20.00%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	24 คน (60.00%)	0 คน (0.00%)

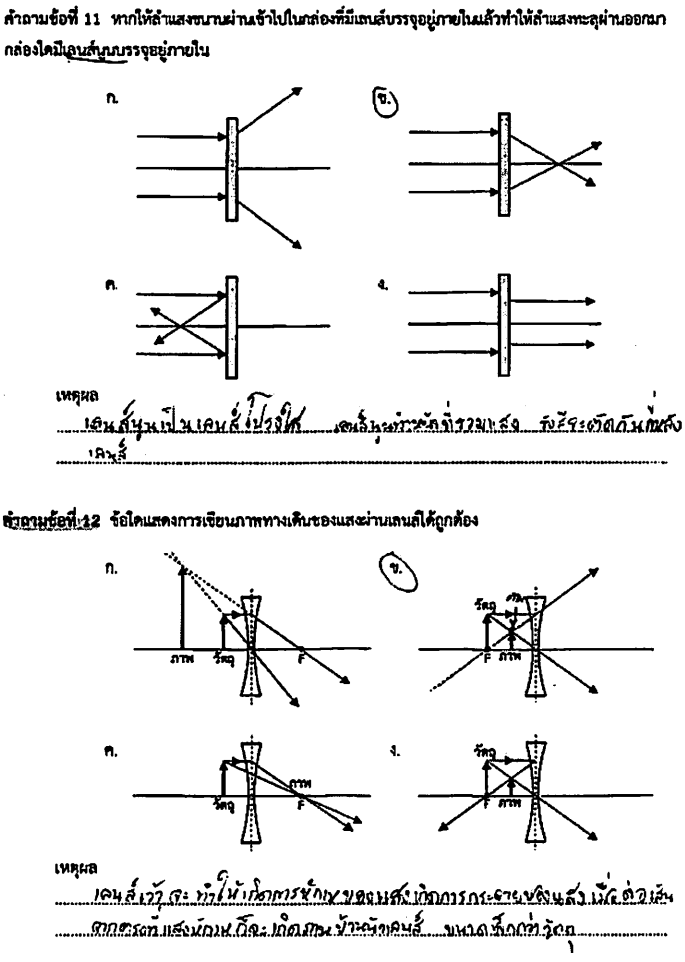
จากตาราง 11 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมากที่สุด (NU) คิดเป็นร้อยละ 60.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 30.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่พบ นักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์เลย

แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 25.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียน เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของ

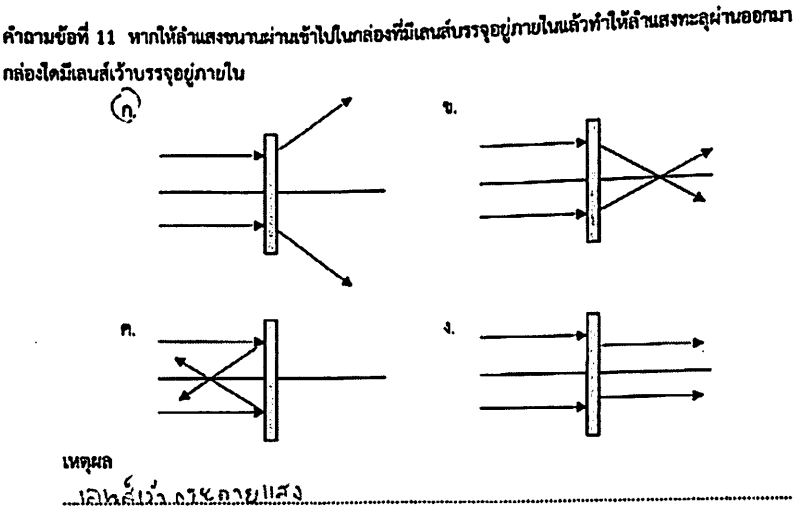
แต่ละมโนมติได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่าเลนส์นูนเป็นวัตถุโปร่งใส สามารถเกิดการหักเหของแสงได้ มีสมบัติในการรวมแสง ภาพจากเลนส์เกิดจากรังสีหักเหตัดกันหรือต่อแนวรังสีให้ตัดกัน โดยถ้ารังสีหักเหตัดกันจริงจะเกิดภาพจริง แต่ถ้าต่อแนวรังสีหักเหให้ตัดกันจะเกิดภาพเสมือน และสามารถเกิดได้ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังเลนส์ ดังตัวอย่างในภาพ 61 ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิเหตุผลในการเลือกตอบที่แสดงว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่า เลนส์นูนโปร่งใสทำหน้าที่รวมแสงไปตัดกันที่หลังเลนส์ และในคำถามข้อที่ 12 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายว่าเลนส์เว้าทำให้แสงเกิดการหักเหกระจายออก และเมื่อต่อแนวรังสีพบว่าตัดกันหน้าเลนส์ มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ



ภาพ 61 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 20.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง มีการอธิบายเหตุผลซึ่งแสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนในเรื่องนั้น และเมื่อพิจารณาแนวการตอบคำถามของนักเรียน พบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนโดยการกล่าวถึงคุณสมบัติของเลนส์เว้า เช่น ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายถึงเหตุผลในการเลือกตอบว่า เลนส์เว้ามีคุณสมบัติกระจายแสง ดังตัวอย่างในภาพ 62

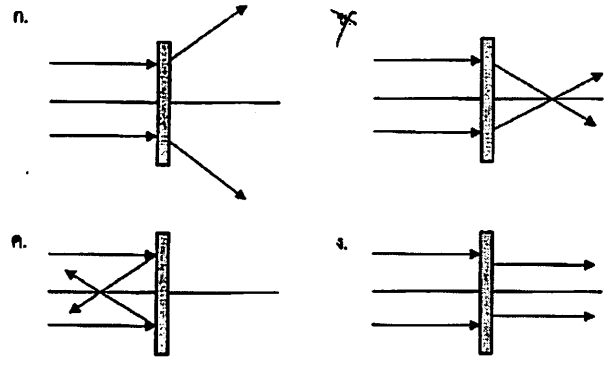


ภาพ 62 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียนมีนักเรียนร้อยละ 30.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น เมื่อพิจารณาแนวการตอบคำถามของนักเรียนสามารถจำแนกแนวการตอบคำถามได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

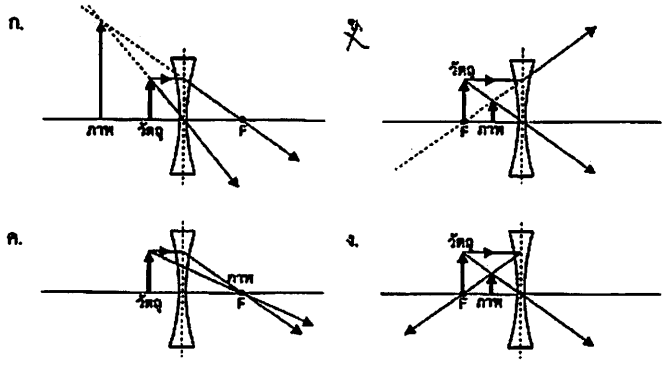
รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวถึงคุณสมบัติของเลนส์ เช่น ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่อธิบายเพียงแค่ว่าเลนส์นูนทำให้รังสีของแสงมารวมกันที่จุดๆ หนึ่ง และในคำถามข้อที่ 12 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่อธิบายเพียงแค่ว่าเลนส์เว้าทำให้รังสีของแสงเบนออก ดังตัวอย่างในภาพ 63

คำถามข้อที่ 11 หากให้ลำแสงขนานผ่านเข้าไปในกล่องที่มีเลนส์บรรจุอยู่ภายในแล้วทำให้ลำแสงทะลุผ่านออกมา กล่องใดมีเลนส์นูนบรรจุอยู่ภายใน



เหตุผล เพราะ เป็นเลนส์ที่ทำให้รังสีแสง มาหาจุดโฟกัส

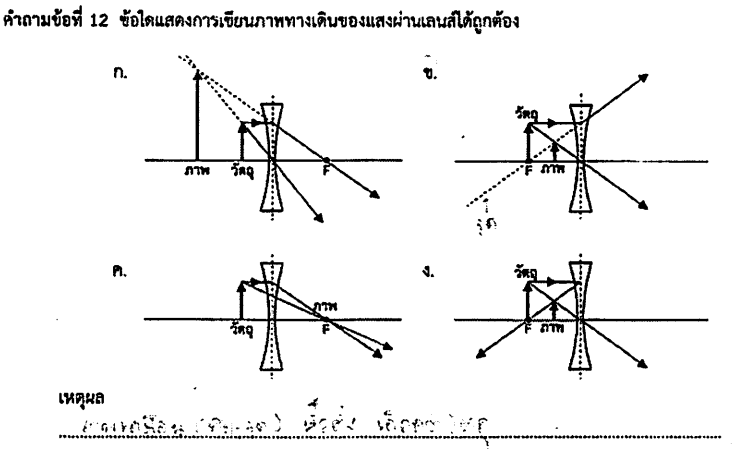
คำถามข้อที่ 12 ข้อใดแสดงการเขียนภาพทางเดินของแสงผ่านเลนส์ได้ถูกต้อง



เหตุผล เพราะเป็น เลนส์นูน เลย เกิดเป็นภาพเสมือน

ภาพ 63 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

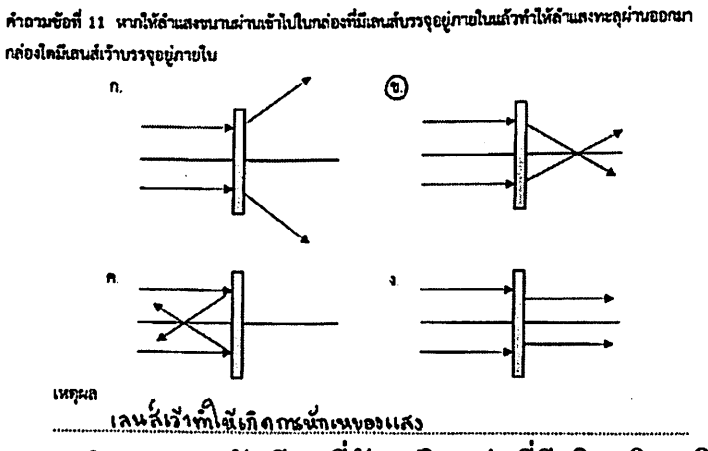
รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวถึงลักษณะของภาพที่เกิดจากเลนส์ เช่น ในคำถามข้อที่ 12 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ให้อธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่าภาพเสมือนเกิดจากจุดตัดรังสีจริงตัดกับแนวรอยต่อรังสีทำให้เกิดภาพเสมือน ดังตัวอย่างในภาพ 64



ภาพ 64 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

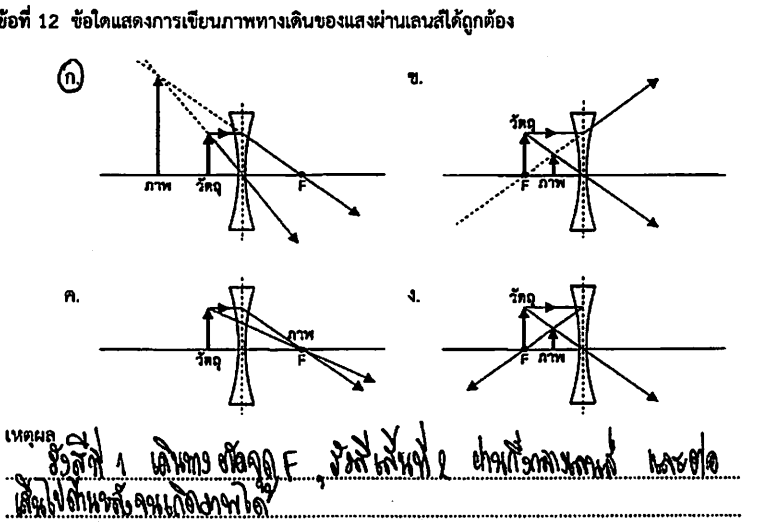
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 5.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาแนวการตอบคำถามของนักเรียน พบว่านักเรียนอธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด โดยในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด แต่มีการอธิบายว่าเลนส์เว้าทำให้เกิดการหักเหของแสง ดังตัวอย่างในภาพ 65



ภาพ 65 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 25.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบพบว่า นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเกี่ยวกับการเขียนภาพทางเดินของแสงผ่านเลนส์ แต่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับคุณสมบัติของเลนส์ เช่น ในคำถามข้อที่ 12 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่าการเขียนภาพทางเดินของแสงผ่านเลนส์รังสีเส้นที่ 1 ลากผ่านจุด F รังสีเส้นที่ 2 ลากผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์ ตำแหน่งที่แนวรังสีตัดกันจะเกิดภาพ และนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเพราะว่าตัวเลือกที่นักเรียนเลือกตอบไม่ถูกต้องเป็นตัวเลือกที่สื่อว่าเลนส์เว้ามีคุณสมบัติรวมแสง จุด F จึงอยู่หลังเลนส์ ดังตัวอย่างในภาพ 66



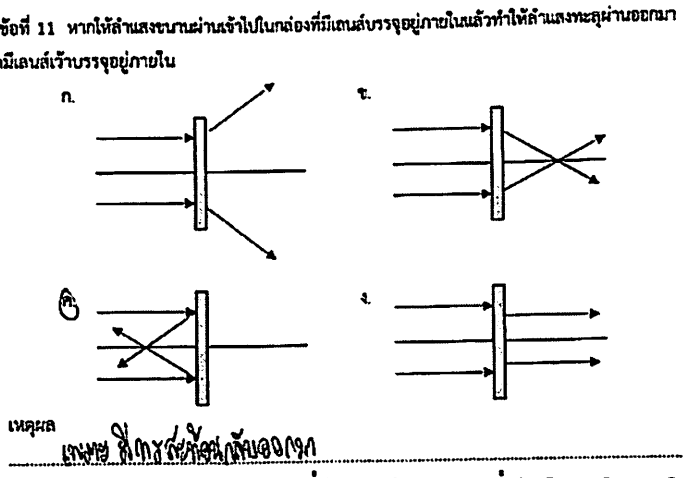
ภาพ 66 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 15.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบสามารถจำแนกแนวการตอบได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

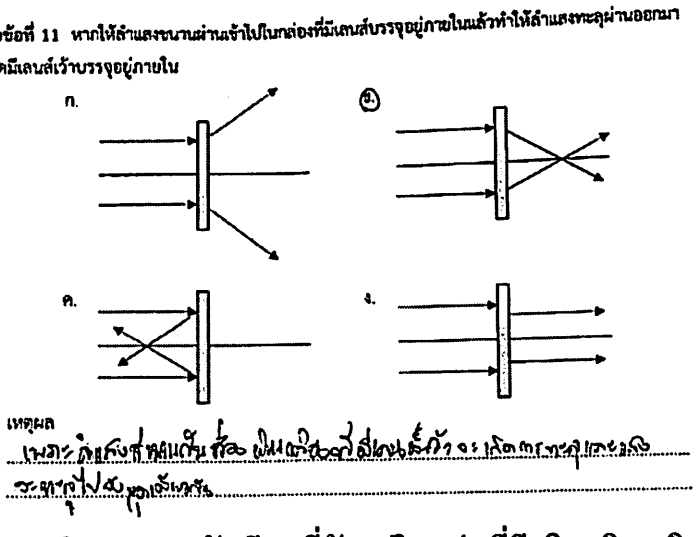
รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์เว้าทำให้เกิดการสะท้อนของแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดง

ถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์เว้าทำให้เกิดการสะท้อนกลับออกมา ดังตัวอย่างในภาพ 67



ภาพ 67 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

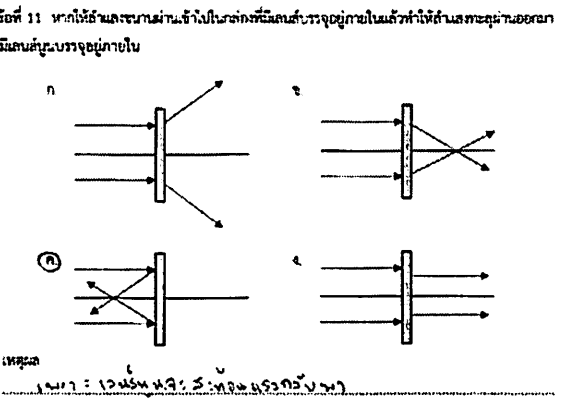
รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์เว้ามีคุณสมบัติรวมแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเมื่อลำแสงขนานทะลุผ่านเลนส์เว้าจะไปรวมกันที่จุดๆ หนึ่ง ดังตัวอย่างในภาพ 68



ภาพ 68 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

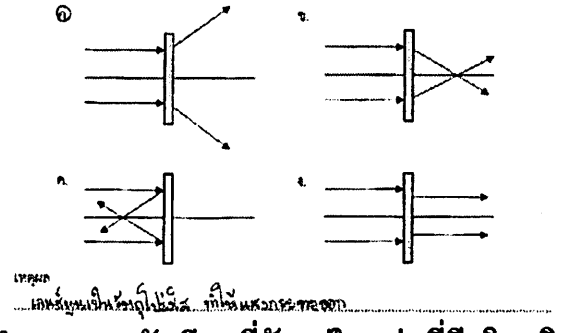
และภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 20.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบสามารถจำแนกแนวการตอบได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์นูนทำให้เกิดการสะท้อนของแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์นูนจะสะท้อนแสงกลับมา ดังตัวอย่างในภาพ 69



ภาพ 69 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์นูนมีคุณสมบัติกระจายแสง เช่น ในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าเลนส์นูนทำให้แสงกระจายออก ดังตัวอย่างในภาพ 70



ภาพ 70 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 60.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดย นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายไม่ตรงคำถามหรืออธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ซึ่งในคำถามข้อที่ 12 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่องการเกิดภาพจากเลนส์เลย

และภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน ไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติเลย

1.7 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากข้อคำถามในแบบวัดมโนมติข้อที่ 13. – 14.

ตาราง 12 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	0 คน (0.00%)	0 คน (0.00%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0 คน (0.00%)	26 คน (65.00%)

ตาราง 12 (ต่อ)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	มโนมติก่อนเรียน	มโนมติหลังเรียน
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	0 คน (0.00%)	9 คน (22.50%)
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	12 คน (30.00%)	3 คน (7.50%)
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	28 คน (70.00%)	2 คน (5.00%)

จากตาราง 12 พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมากที่สุด (NU) คิดเป็นร้อยละ 70.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) และกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) คิดเป็นร้อยละ 0.00 แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียนของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 65.00 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 0.00 เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

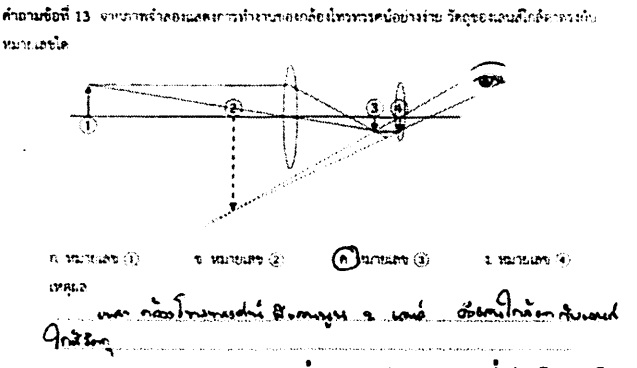
จากการศึกษา ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน ไม่พบนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แสดงว่าไม่มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่พบนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 65.00 จัด

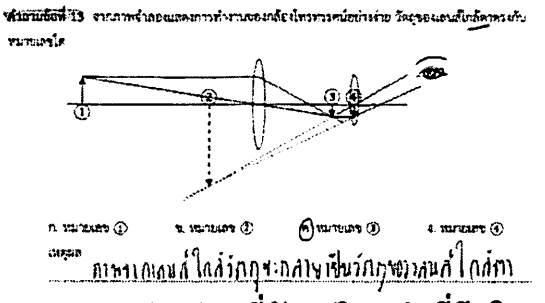
อยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามมโนมติในเรื่องนั้น เมื่อพิจารณาแนวการตอบคำถามของนักเรียนสามารถจำแนกแนวการตอบคำถามได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวถึงว่าการเกิดภาพจากกล้องโทรทรรศน์หรือกล้องจุลทรรศน์เป็นผลมาจากการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน 2 อัน คือ เลนส์ใกล้วัตถุ และเลนส์ใกล้ตา เช่น ในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่อธิบายเพียงแค่ว่ากล้องโทรทรรศน์มีเลนส์นูน 2 อัน คือ เลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์ใกล้ตา ดังตัวอย่างในภาพ 71



ภาพ 71 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

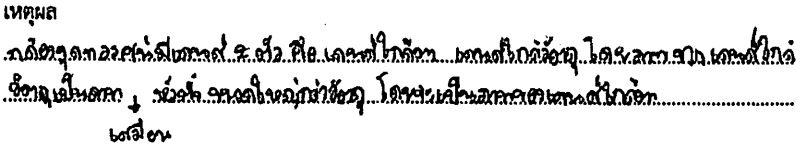
รูปแบบที่ 2 มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนโดยการกล่าวว่าภาพของเลนส์ใกล้วัตถุจะกลายเป็นวัตถุที่ทำให้เกิดภาพของเลนส์ใกล้ตา เช่น ในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ให้อธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนว่าภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุจะกลายเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา ดังตัวอย่างในภาพ 72



ภาพ 72 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน ไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเลย แต่ภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 22.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบพบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเกี่ยวกับกระบวนการเกิดภาพของกล้องจุลทรรศน์ว่าเกิดจากการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน 2 อัน โดยภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุจะกลายเป็นภาพของเลนส์ใกล้ตา แต่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับลักษณะของภาพ เช่น ในคำถามข้อที่ 14 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง และมีการอธิบายที่แสดงถึงมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนว่ากล้องจุลทรรศน์มีเลนส์ 2 ตัว คือ เลนส์ใกล้วัตถุ และเลนส์ใกล้ตา โดยภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุจะเป็นภาพของเลนส์ใกล้ตา แต่นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนโดยอธิบายว่าภาพที่ได้จากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง ดังตัวอย่างในภาพ 73



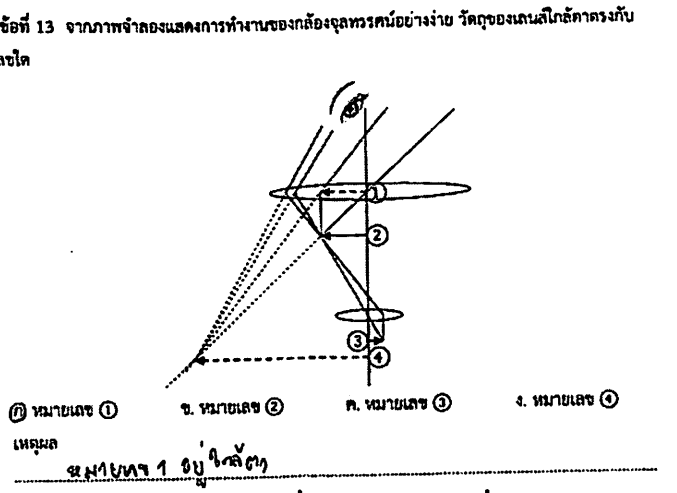
ภาพ 73 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 30.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบสามารถจำแนกแนวการตอบได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

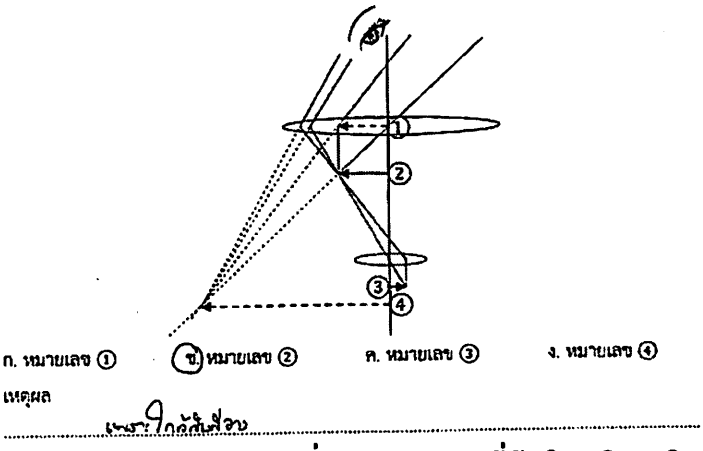
รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าวัตถุของเลนส์ใกล้ตาจะต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้ดวงตามากที่สุด เช่น ในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่

ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าหมายเลข 1 อยู่ใกล้ตา ดังตัวอย่างในภาพ 74



ภาพ 74 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 1 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าวัตถุของเลนส์ใกล้ตาจะต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้วัตถุมากที่สุด เช่น ในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกต้อง แค่มีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าใกล้กับที่วาง ซึ่งในที่นี้สื่อความหมายว่าใกล้กับที่วางวัตถุนั่นเอง ดังตัวอย่างในภาพ 75



ภาพ 75 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

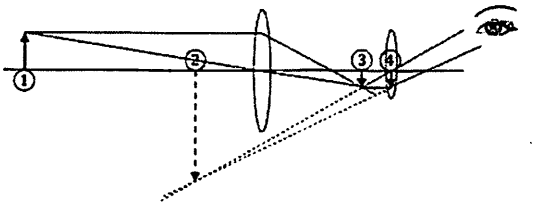
รูปแบบที่ 3 นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการเกิดภาพของกล้องโทรรศน์เกิดจากการสะท้อนของกระจก เช่น ในคำถามข้อที่ 14 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าการสะท้อนของกระจกจะทำให้วัตถุที่มีขนาดเล็กเป็นขนาดใหญ่ ดังตัวอย่างในภาพ 76

เหตุผล
เพราะ การสะท้อนของกระจกจะทำให้ วัตถุที่มีขนาดเล็ก เป็นขนาดใหญ่

ภาพ 76 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 3 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

และภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 7.50 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบพบว่า นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าวัตถุของเลนส์ใกล้ตาจะต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้ดวงตามากที่สุด เช่น ในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และมีการอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าหมายเลข 4 อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ตามากที่สุด ดังตัวอย่างในภาพ 77

คำถามข้อที่ 13 จากภาพจำลองแสดงการทำงานของกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย วัตถุของเลนส์ใกล้ตาตรงกับหมายเลขใด



ก. หมายเลข ① ข. หมายเลข ② ค. หมายเลข ③ ง. หมายเลข ④

เหตุผล
เพราะ หมายเลข 4 ก่อนเข้าตา หมายเลข 4 อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ตามากที่สุด

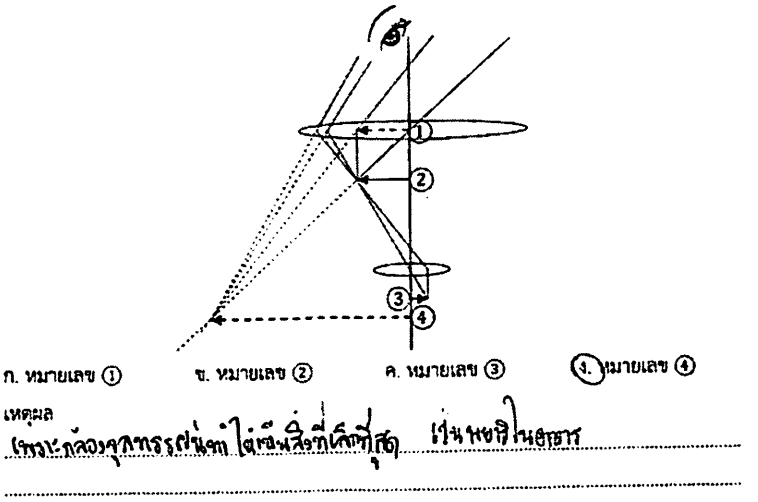
ภาพ 77 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ

จากการศึกษา ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน มีนักเรียนร้อยละ 70.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดย นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ถูกหรือผิด และอธิบายไม่ตรงคำถามหรืออธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ดังตัวอย่างในภาพ 78 ซึ่งในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์เลย

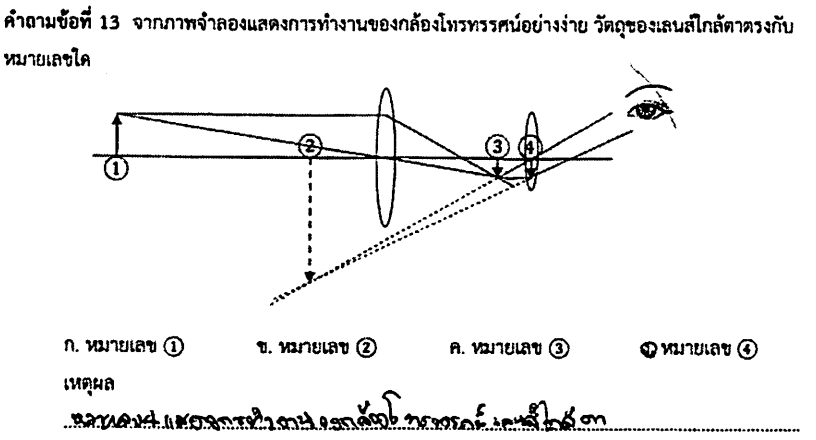


ภาพ 78 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน

และภายหลังเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS แล้ว พบว่า ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน มีนักเรียนร้อยละ 5.00 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ โดยสามารถจำแนกแนวคำตอบของนักเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และไม่อธิบายเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้น โดยนักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง แต่ไม่ได้มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบมา

รูปแบบที่ 2 เลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และอธิบายเหตุผลไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่พิจารณา ดังตัวอย่างในภาพ 79 ซึ่งในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกที่ผิด และคำอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับมโนมติ เรื่อง การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์เลย



ภาพ 79 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ รูปแบบที่ 2 จากแบบวัดมโนมติหลังเรียน

2. ผลการศึกษามโนมติระหว่างเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการศึกษามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ โดยแบบบันทึกดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ จำแนกเป็น 7 มโนมติ ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในระหว่างเรียน

มโนมติ	จำนวนและร้อยละของนักเรียน จำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์				
	SU	PU	PU&SM	SM	NU
การสะท้อนของแสง	5 คน (12.50%)	23 คน (57.50%)	12 คน (30.00%)	0 คน (0.00%)	0 คน (0.00%)
การเกิดภาพจากกระจกเงา	5 คน (12.50%)	29 คน (72.50%)	6 คน (15.00%)	0 คน (0.00%)	0 คน (0.00%)

ตาราง 13 (ต่อ)

มโนมติ	จำนวนและร้อยละของนักเรียน จำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์				
	SU	PU	PU&SM	SM	NU
การหักเหของแสง	23 คน (57.50%)	15 คน (37.50%)	0 คน (0.00%)	2 คน (5.00%)	0 คน (0.00%)
การสะท้อนกลับหมด	16 คน (40.00%)	20 คน (50.00%)	4 คน (10.00%)	0 คน (0.00%)	0 คน (0.00%)
การกระจายแสงของแสงขาว	16 คน (40.00%)	14 คน (35.00%)	7 คน (17.50%)	3 คน (7.50%)	0 คน (0.00%)
การเกิดภาพจากเลนส์	21 คน (52.50%)	15 คน (37.50%)	4 คน (10.00%)	0 คน (0.00%)	0 คน (0.00%)
การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์	6 คน (15.00%)	24 คน (60.00%)	4 คน (10.00%)	6 คน (15.00%)	0 คน (0.00%)

จากตาราง 13 พบว่า ในระหว่างเรียนนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มากที่สุด ในเรื่อง การหักเหของแสง การกระจายแสงของแสงขาว และการเกิดภาพจากเลนส์ คิดเป็นร้อยละ 57.50, 40.00 และ 52.25 ตามลำดับ และมีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนของแสง การเกิดภาพจากกระจกเงา การสะท้อนกลับหมด และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ คิดเป็นร้อยละ 57.50, 72.50, 50.00 และ 60.00 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคำตอบในแต่ละกลุ่มมโนมติมีรายละเอียด ดังนี้

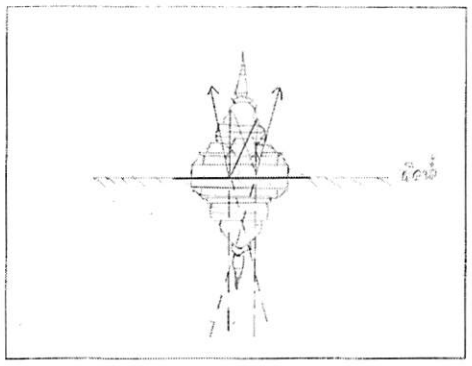
2.1 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง

ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1 การสะท้อนของแสง ในระหว่างเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยผลการทำกิจกรรมที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสามารถสร้างคำอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านแผนภาพแบบจำลองได้ และสามารถเขียนอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในภาพ 80 โดยนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าการ

สะท้อนของแสง รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกันผ่านการสร้างแผนภาพแบบจำลอง ซึ่งถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ เพราะไม่ได้ระบุสัญลักษณ์แสดงการเท่ากันของของมุมตกกระทบและมุมสะท้อน ส่วนคำบรรยายมีการระบุว่าผิวน้ำสามารถเกิดจากการสะท้อนของแสงคล้ายกับกระจก ซึ่งข้อความดังกล่าวถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ที่มา:http://www.weekendhobby.com/offroad/mitsubishi/question.asp?page=6&ID=18107

แบบจำลอง



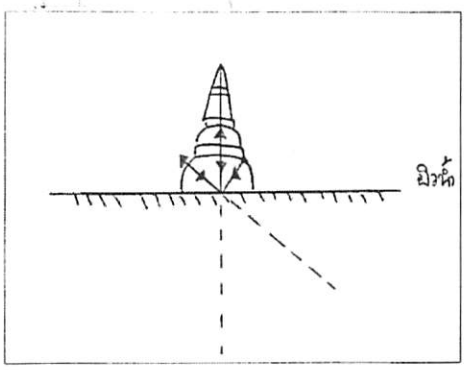
เพราะผิวน้ำมีลักษณะเป็นผิวเรียบคล้ายกระจก แสงจึงทำให้เกิดการสะท้อน

ภาพ 80 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนด้วย โดยคำตอบที่พบแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถสร้างคำอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านแผนภาพแบบจำลองได้ แต่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในภาพ 81 ซึ่งในภาพแบบจำลอง นักเรียนวาดเส้นรังสีสะท้อน รังสีตกกระทบ มุมตกกระทบ และมุมสะท้อนไม่ถูกต้องตามกฎการสะท้อนของแสง แต่คำบรรยายมีบางส่วนระบุว่าผิวน้ำสามารถเกิดการสะท้อนได้เช่นเดียวกับกระจกเงาราบ ซึ่งข้อความดังกล่าวถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ เนื่องจากไม่มีการกล่าวถึงกฎการสะท้อนของแสง

ที่มา:http://www.weekendhobby.com
/offroad/mitsubishi/question.asp?page
=6&ID=18107

แบบจำลอง



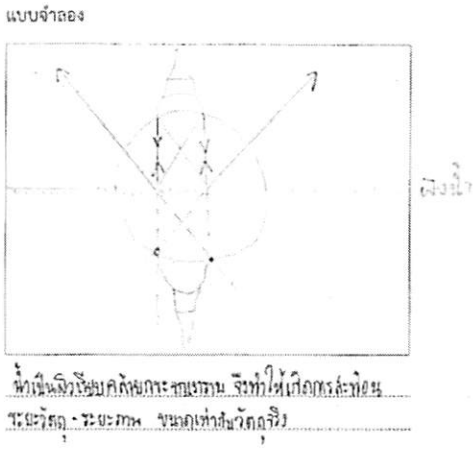
เมื่อจากนี้ เป็นผิวของตัวกระจกเงาราบ จึงทำให้
เกิดการสะท้อน ระยะวัตถุ = ระยะภาพ
ขนาดเท่ากับวัตถุเช่น

ภาพ 81 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ในมโนมติที่ 1 การสะท้อนของแสง ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1

2.2 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา

ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1 การสะท้อนของแสง ในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยผลการทำกิจกรรมที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสามารถสร้างคำอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านแผนภาพแบบจำลอง และสามารถเขียนอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในภาพ 82 ซึ่งนักเรียนวาดภาพทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพได้ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วนว่าภาพจากกระจกเงาราบเกิดจากการสะท้อน ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ

ที่มา:http://www.weekendhobby.com
/offroad/mitsubishi/question.asp?page
=6&ID=18107

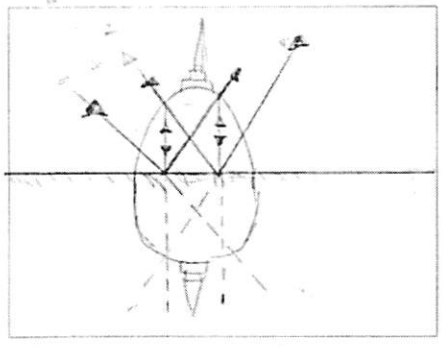


ทำเป็นภาพเสมือนคล้ายกระจกเงาราบ จึงทำให้เกิดการสะท้อน
ระยะวัตถุ : ระยะภาพ ขนาดเท่าสิ่งวัตถุจริง

ภาพ 82 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนส่วนน้อยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยผลการทำกิจกรรมที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสามารถสร้างคำอธิบายที่แสดงถึงการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านแผนภาพแบบจำลองได้ และสามารถเขียนอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในภาพ 83 ซึ่งนักเรียนวาดภาพทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพได้ถูกต้อง พร้อมทั้งระบุว่าภาพที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ดังกล่าวเป็นภาพเสมือน ขนาดเท่ากับวัตถุจริง และกลับด้านซ้าย-ขวา

ที่มา:http://www.weekendhobby.com
/offroad/mitsubishi/question.asp?page
=6&ID=18107

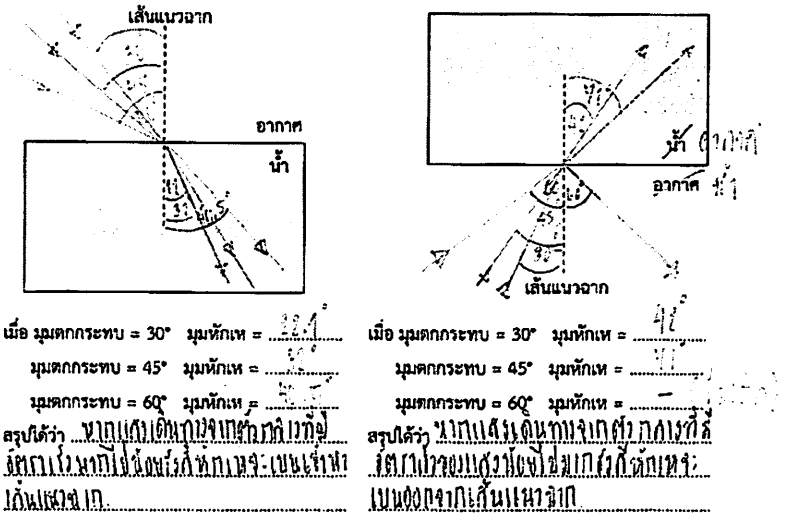


เกิดจากการสะท้อนของผิวน้ำ ได้เป็น
ภาพเสมือน ขนาดเท่ากัน กลับซ้าย-ขวา

ภาพ 83 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในมโนมติที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกเงา ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1

2.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง

ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2 การหักเหของแสง ในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยผลการทำกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1. แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถวาดแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดได้ถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของแสงในตัวกลางแต่ละชนิดกับขนาดของมุมหักเหได้ ดังตัวอย่างในภาพ 84



ภาพ 84 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 3 การหักเหของแสง ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2

2.4 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด

ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2 การหักเหของแสง ในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยผลการทำกิจกรรมที่ 3 ข้อ 3. แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน โดยนักเรียนระบุได้ว่ารังสีของแสงที่มุมตกกระทบมีขนาดมากกว่ามุมวิกฤติจะเกิดการสะท้อนกลับหมดในตัวกลางที่แสงตกกระทบได้ ดังตัวอย่างในภาพ 85

3. จากคลิปวิดีโอ เรื่อง Total internal Reflection จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

3.1 มุมหักเหสูงสุดมีค่าเท่าไร

๑๐°

3.2 มุมตกกระทบเท่าใด จะทำให้เกิดมุมหักเห 90°

๔๒°

3.3 มุมตกกระทบที่ทำให้เกิดมุมหักเหเป็น 90° นี้ มีชื่อเรียกว่าอะไร

มุมวิกฤต

3.4 เมื่อเพิ่มขนาดของมุมตกกระทบให้ใหญ่กว่ามุมวิกฤต เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แสงสะท้อนกลับหมด

3.5 จากข้อ 3.4 ปรากฏการณ์ดังกล่าว มีชื่อเรียกว่าอะไร

การสะท้อนกลับหมด

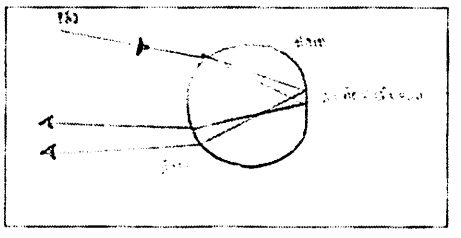
3.6 จากข้อ 3.4 ปรากฏการณ์ดังกล่าว จะเกิดขึ้นได้อย่างไร

มุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต

ภาพ 85 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ในมโนมติที่ 4 การสะท้อนกลับหมด ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2

2.5 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว

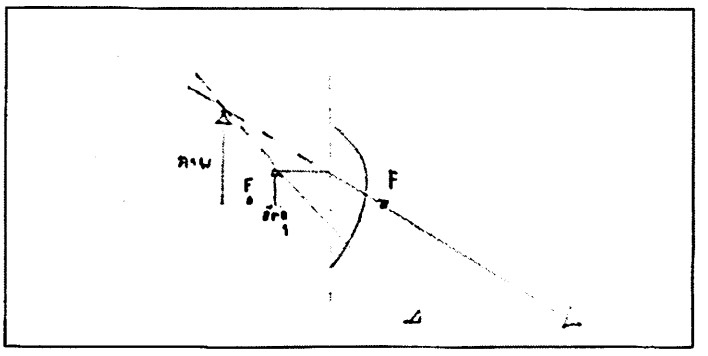
ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2 การหักเหของแสง ในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยผลการทำกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3. แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถวาดแผนภาพแสดงทางเดินของแสงได้ถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถระบุได้ว่าเมื่อแสงขาวเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางใดๆ ที่ไม่ใช่อากาศจะเกิดการหักเหต่างกัน โดยแสงแต่ละสีหักเหด้วยมุมที่แตกต่างกัน กระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ ดังตัวอย่างในภาพ 86



ภาพ 86 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 5 การกระจายแสงของแสงขาว ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 2

2.6 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์

ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ ในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยผลการทำกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3. แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถวาดแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเมื่อเดินทางผ่านเลนส์นูนได้ถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถอธิบายการเกิดภาพจากเลนส์นูนโดยมีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับตำแหน่งการเกิดภาพ อธิบายลักษณะภาพที่เกิดจากการตัดกันกันของรังสีของแสงได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างในภาพ 87

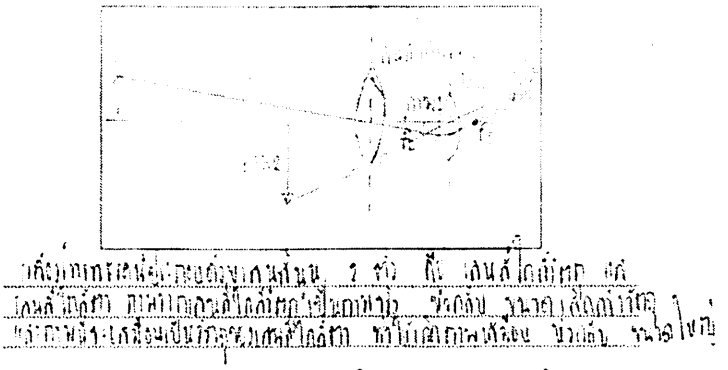


ภาพ 87 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 6 การเกิดภาพจากเลนส์ ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 3

2.7 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ระหว่างเรียน ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์

ผลการศึกษามโนมติจากแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ ได้มาจากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ ในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนโดยไม่สามารถวาดแผนภาพทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ที่สื่อถึงการมีมโนมติที่สมบูรณ์ได้ อีกทั้งการอธิบายใต้ภาพก็มีข้อความเพียงบางส่วนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์เท่านั้น ดังนั้นจึงมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยผลการทำกิจกรรมที่ 4. แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยนักเรียนระบุได้ว่าการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์เกิดจากเลนส์นูนสองอัน โดยเลนส์ใกล้ตารับภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุ ทำให้เกิดภาพใหม่ขึ้น เนื่องจากภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุจะกลายเป็นวัตถุให้กับเลนส์ใกล้ตา พร้อมทั้งสามารถวาดภาพทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างในภาพ 88



ภาพ 88 แสดงแนวคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในมโนมติที่ 7 การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS จากแบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 3

จากผลการศึกษาการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างผลการศึกษามโนมติก่อน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ได้ดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการศึกษามโนมติก่อน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS

มโนมติ		ร้อยละของนักเรียน จำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์				
		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

ตาราง 14 (ต่อ)

มโนมติ		ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์				
		SU	PU	PU&SM	SM	NU
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

บทที่ 5

บทสรุป

ในการทำวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 2) พัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS มีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครสวรรค์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน 40 คน ซึ่งได้มาจากคัดเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการสอน โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา และใช้สถิติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

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

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ใหม่ที่ใกล้ตัว มักถูกมองข้าม และอยู่ในความสนใจของนักเรียน โดยสถานการณ์ในรูปแบบของวิดีโอช่วยให้นักเรียนมองเห็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนและครอบคลุมกว่ารูปแบบอื่น นอกจากนี้หากสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการทำกิจกรรมเป็นเรื่องซับซ้อน ควรมีการกำหนดรายละเอียดสำคัญเพิ่มเติมให้ ซึ่งคำอธิบายดังกล่าวต้องไม่สื่อถึงมโนมติที่ครูต้องการวัด

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ครูควรจัดให้มีการให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามแนวทางที่ถูกต้องแก่นักเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ครูควรจัดแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม โดยพิจารณาจากความสนิทสนมของนักเรียนเป็นหลัก และคละความสามารถของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนในกลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง และกลุ่มอ่อน จะช่วยให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มเกิดความกล้าในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง และส่งผลให้การทำกิจกรรมเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องตามแนวทางที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ ควรจัดทำคลิปวิดีโอสอนการใช้อุปกรณ์การทดลองให้นักเรียนไปศึกษาด้วยตนเองที่บ้านล่วงหน้า และควรจัดทำแบบทดสอบวัดความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลองเพื่อกำกับให้นักเรียนทุกคนศึกษาวิดีโอสาธิตวิธีการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลองมาล่วงหน้าก่อนคาบเรียน ไม่ควรจัดให้นักเรียนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมทุกกลุ่ม ควรคัดเลือกกลุ่มตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน โดยพิจารณาจากกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมที่ถูกต้องชัดเจนตามหลักทฤษฎีมาเพียงแค่ 2 กลุ่มเท่านั้น และผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันในการทำกิจกรรมครั้งหน้า และเมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จแล้ว ครูควรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการนำเสนอของนักเรียน โดยกล่าวชื่นชมจุดเด่นในการนำเสนอของนักเรียนเพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ครูควรสรุปความรู้ที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 ร่วมกับนักเรียนก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนนี้ โดยใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเห็นความเกี่ยวข้องระหว่างความรู้ที่ได้รับกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง โดยสถานการณ์จำลองที่เหมาะสมกับเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ควรอยู่ในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริงที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง สถานการณ์จำลองในรูปแบบของแอพพลิเคชันสะดวกต่อการใช้งานมากที่สุด หากใช้สถานการณ์จำลองควบคู่กับการจัดกิจกรรมให้มีลักษณะแข่งขันกันจะทำให้นักเรียนเกิดแรงผลักดันที่จะเรียนรู้ และกระตือรือร้นในการเรียนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้หากนำคลิปวิดีโอมาช่วยขยายประเด็นที่สถานการณ์จำลองไม่สามารถอธิบายได้จะช่วยขยายขอบเขตการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากบางสถานการณ์นักเรียนบางคนไม่เคยพบเจอในชีวิตประจำวัน หรือหากพบเจอก็ไม่เคยสังเกตและให้ความสนใจเพื่อพิจารณาหาเหตุผลของการเกิดสถานการณ์ดังกล่าว อีกทั้งช่วยลดระยะเวลาในการทำกิจกรรมได้

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ครูควรสรุปความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 และใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ โดยข้อคำถามควรมีลักษณะที่เน้นให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นว่ามีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับความรู้ที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน หากต้องการให้ขั้นตอนนี้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้จำเป็นจะต้องจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนโดยพิจารณาจากความสนิทสนมกันของสมาชิกภายในกลุ่ม ซึ่งจะทำให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และสามารถประเมินแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง การจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ โดยครูจะต้องใช้คำถามชักนำให้นักเรียนทุกคนเปรียบเทียบหาลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันของแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม และเปรียบเทียบกับมโนมติในเรื่องนั้นๆว่ามีความถูกต้องสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร จากนั้นนำข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันมาสร้างเป็นแบบจำลองของชั้นเรียนเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดไว้ในตอนต้น

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย ครูควรใช้สถานการณ์ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ในขั้นตอนที่ 1 หากใช้สถานการณ์ที่มีความซับซ้อนหรือจำเป็นต้องประยุกต์ใช้ความรู้ ควรให้ข้อมูลเพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง หรือจัดกิจกรรมในขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 5 ให้มีรายละเอียดเนื้อหาจำเป็นเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในขั้นตอนนี้ เช่น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การอธิบายสถานการณ์การเกิดพระอาทิตย์ทรงกลด ควรให้ข้อมูลบริบทสถานการณ์เพิ่มเติม และในการทำกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 5 ควรใช้ปริซึมรูปทรงอื่นในการทำกิจกรรม หรือในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การอธิบายสถานการณ์การเกิดภาพจากกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย ควรจัดเป็นกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการใหม่เพื่อเพิ่มกิจกรรมในขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 5 ให้มีเนื้อหามากพอสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ส่งผลให้เกิดการพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ทั้ง 7 มโนมติได้ ดังรายละเอียดในบทที่ 4 โดยก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ผลจากแบบวัดมโนมติก่อนเรียน พบว่า มีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU) มากที่สุด ในเรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงา (ร้อยละ 60.00) การหักเหของแสง (ร้อยละ 85.00) การสะท้อนกลับหมด (ร้อยละ 87.50) การกระจายแสงของแสงขาว (ร้อยละ 60.00) การเกิดภาพจากเลนส์ (ร้อยละ 60.00) และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ (ร้อยละ 70.00) มีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) และกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) มากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนของแสง (ร้อยละ 30.00) และไม่พบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) เลย

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผลจากการตอบแบบบันทึกกิจกรรม พบว่า นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มากที่สุด ในเรื่อง การหักเหของแสง (ร้อยละ 57.50) การกระจายแสงของแสงขาว (ร้อยละ 40.00) และการเกิดภาพจากเลนส์ (ร้อยละ 50.25) และมีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนของแสง (ร้อยละ 57.50) การเกิดภาพจากกระจกเงา (ร้อยละ 72.50) การสะท้อนกลับหมด (ร้อยละ 50.00) และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ (ร้อยละ 60.00) และภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ ผลจากแบบวัดมโนมติหลังเรียน พบว่า มีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนของแสง (ร้อยละ 42.50) การเกิดภาพจากกระจกเงา (ร้อยละ 50.00) การหักเหของแสง (ร้อยละ 57.50) การกระจายแสงของแสงขาว (ร้อยละ 52.50) การเกิดภาพจากเลนส์ (ร้อยละ 30.00) และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ (ร้อยละ 65.00) และพบนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนกลับหมด (ร้อยละ 40.00)

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

ในขั้นตอนนี้ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ โดยจากผลการวิจัย พบว่า สถานการณ์ที่ใช้สำหรับทำกิจกรรมควรเป็นสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้ตัว มักถูกมองข้าม และอยู่ในความสนใจของนักเรียน เนื่องจากสถานการณ์ที่มีลักษณะดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนเกิดความสงสัย และกระตือรือร้นที่จะคิดสมมติฐานและค้นคว้าหาคำตอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐมน สุชัยรัตน์ (2558) ซึ่งพบว่า สถานการณ์ที่สัมพันธ์กับนักเรียนจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและเข้าใจแนวคิดตลอดจนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Bruner ที่กล่าวว่า มนุษย์เลือกที่จะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง และหากสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการทำกิจกรรมเป็นเรื่องซับซ้อน ควรมีการกำหนดรายละเอียดสำคัญเพิ่มเติมให้ ซึ่งคำอธิบายดังกล่าวต้องไม่สื่อถึงมโนมติที่ครูต้องการวัด โดยการใช้สถานการณ์ในรูปแบบของวิดีโอช่วยให้นักเรียนมองเห็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนและครอบคลุมกว่ารูปแบบอื่น

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ในขั้นตอนที่ 1 ผ่านการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคล ซึ่งผลที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นตอนนี้จะช่วยให้ครูสามารถตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนดำเนินกิจกรรม และนำนักเรียนไปสู่ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม (2554) ที่พบว่า การตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อทราบมโนมติที่นักเรียนมีอยู่ว่าถูกต้องหรือไม่ก่อนจัดกิจกรรม และกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จะนำไปสู่การออกแบบและสำรวจตรวจสอบในลำดับถัดไป นอกจากนี้หากนักเรียนไม่มีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ครูจำเป็นจะต้องให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนทำงานกลุ่ม โดยการจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนจำเป็นต้องพิจารณาจากความสนิทสนมของนักเรียนเป็นหลัก และคละความสามารถของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนในกลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง และกลุ่มอ่อน จะช่วยให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มเกิดความกล้าในการแสดงความคิดเห็น ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นแบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม สามารถร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์ และนำเสนอผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับทิศนา แขมมณี (2554, หน้า 98) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้แบบกลุ่มช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีการพึ่งพาและช่วยเหลือกันในการทำกิจกรรม ร่วมมือกันแก้ปัญหา ส่งเสริมให้เกิดความรับผิดชอบต่อหน้าที่และความสัมพันธ์ที่ดีต่อเพื่อนร่วมกลุ่มในการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้หากนักเรียนไม่มีประสบการณ์ในการใช้อุปกรณ์การทดลองที่อยู่ในกิจกรรม ครูควรจัดทำสื่อสาธิตวิธีใช้งานและการดำเนินการทดลองเบื้องต้นให้นักเรียนนำไปศึกษาด้วยตนเองล่วงหน้าก่อนปฏิบัติกิจกรรม พร้อมทั้งควรกำกับติดตามผลการศึกษาด้วยแบบทดสอบก่อนเริ่มทำกิจกรรม และในช่วงกิจกรรมนำเสนอ ควรคัดเลือกกลุ่มตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน และผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันในการทำกิจกรรมครั้งหน้า เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมไม่ซ้ำซ้อนจนทำนักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและหมดความสนใจในการเรียนรู้ และเพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการนำเสนอผลงาน ครูควรให้คำแนะนำ

เกี่ยวกับการนำเสนอของนักเรียน โดยกล่าวชื่นชมจุดเด่นในการนำเสนอของนักเรียนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงตนเองและสร้างแรงจูงใจในการนำเสนอผลงานของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Skinner ที่กล่าวว่า การเสริมแรงทางบวกหรือการให้รางวัลเมื่อมีการแสดงพฤติกรรมที่ต้องการ สามารถช่วยปรับหรือปลูกฝังนิสัยที่ต้องการได้

สำหรับกิจกรรมที่อยู่ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะใช้การอภิปรายกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนสมมติฐานที่แต่ละคนได้ตั้งไว้เพื่อกำหนดเป้าหมายในการสำรวจตรวจสอบ จากนั้นร่วมกันออกแบบแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ดำเนินการตามแผนที่ตั้งไว้ จดบันทึกข้อมูล สรุปผล และนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติในที่เรื่องที่เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยของสวนีย์ เพ็ชรพงศ์ (2557) ที่พบว่า ภายหลังที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการสร้างผังมโนมติ ส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากหลักฐานเชิงประจักษ์มาใช้อธิบายสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของโกเมศ นาแจ้ง (2554) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเอง ถือเป็นกระบวนการตรวจสอบความคิดที่เป็นมติฐาน หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองนั้นยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะใช้หลักฐานหรือสารสนเทศใหม่มาแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจนจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ โดยสถานการณ์จำลองที่เหมาะสมกับเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ควรอยู่ในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริงที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง โดยสถานการณ์จำลองในรูปแบบของแอพพลิเคชันสะดวกต่อการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากจากธรรมชาติเนื้อหาของเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์มีลักษณะเป็นแนวคิดเชิงนามธรรม ต้องอาศัยการจินตนาการในการเรียนรู้ และมีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ มโนมติที่นักเรียนได้รับจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์จึงยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ แต่สถานการณ์จำลองสามารถอธิบายแนวคิดเชิงนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนผ่านกราฟฟิคต่างๆ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเกิดมโนมติที่สมบูรณ์ในเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ได้ และ

หากให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติและค้นพบความรู้ด้วยตนเองจะก่อให้เกิดความรู้คงทนและสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meltzer (2002) ที่พบว่า การใช้รูปแบบการเป็นตัวแทนของความคิดมีผลต่อแนวทางที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจในมโนมติทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยจะช่วยให้นักเรียนสามารถผนวกรวมแนวคิดเชิงนามธรรมและรูปธรรมเข้าด้วยกันได้ เนื่องจากมโนมติที่นักเรียนได้รับจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์เป็นแนวคิดเชิงรูปธรรม เป็นประสบการณ์จริง ที่สามารถสังเกตได้ด้วยการมองเห็น แต่มโนมติที่นักเรียนได้รับจากการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมที่ต้องอาศัยสื่อมาช่วยอธิบายขยายความให้ ส่งผลให้เมื่อนักเรียนผ่านการทำกิจกรรมทั้งสองก็จะเกิดการพัฒนามโนมติได้อย่างอย่างถูกต้องและครบสมบูรณ์ ซึ่งครูมีหน้าที่สำคัญในการช่วยนักเรียนสรุปความรู้ที่ได้รับ ร่วมกับการใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ที่พบว่า กระบวนการประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ภายหลังรวบรวมข้อมูลจากการทดลองและข้อมูลจากการนำเสนอโดยครู ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงการมีมโนมติโดยมีรายละเอียดเพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนการทำกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคล และอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูกำหนดให้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Baek et al. (2013) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมพูดคุยแลกเปลี่ยนระหว่างเพื่อนร่วมชั้นเรียนเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการสร้างแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

ในขั้นตอนนี้ เป็นการให้นักเรียนตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน โดยนักเรียนทุกคนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ ร่วมกันเปรียบเทียบหาลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันของแบบจำลองแต่ละกลุ่ม

เปรียบเทียบกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำข้อสรุปที่ได้มาสร้างเป็นแบบจำลองของชั้นเรียน เพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดไว้ในตอนต้น โดยกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ รวมทั้งสามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องของมโนมติของนักเรียนที่ได้รับ สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตนาพร ประพันธ์วิทย์ (2560) ที่พบว่า การลงมติแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผ่านการอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเป็นการแบ่งปันข้อมูลกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติในเรื่องดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

ในขั้นนี้ เป็นการให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่เป็นมติไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในขั้นตอนต้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ สามารถนำมโนมติที่มีมาสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ ก่อให้เกิดเป็นมโนมิที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐมน สุชัยรัตน์ (2558) ซึ่งพบว่า การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายสถานการณ์อื่นๆ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ช่วยพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ด้วยเหตุผลหลัก ดังนี้

2.1 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองหลายครั้ง

จากขั้นตอนการสอน จะเห็นว่านักเรียนผ่านการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองจำนวน 3 ครั้ง คือ ประเมินและปรับปรุงด้วยตนเองในขั้นที่ 4 และขั้นที่ 6 จากนั้นประเมินและปรับปรุงโดยเพื่อนในขั้นที่ 7 ร่วมกับขั้นที่ 8 ซึ่งกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนามโนมติอย่างต่อเนื่อง โดยการนำมโนมติที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองมาใช้แก้ไขปรับปรุงแบบจำลองในขั้นที่ 4 และขั้นที่ 6 ตามลำดับ จากนั้นในขั้นที่ 7 นักเรียนแต่ละคนจะผ่านการประเมินโดยเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน และลงข้อสรุปร่วมกันในขั้นที่ 8 ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่เกิดพัฒนามโนมติมาอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนมากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนของแสง การเกิดภาพจากกระจกเงา การหักเหของแสง การกระจายแสงของแสงขาว การเกิดภาพจากเลนส์ และการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ และพัฒนามาอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากที่สุด ในเรื่อง การสะท้อนกลับหมด สอดคล้องกับงานวิจัยของโกเมศ นาแจ้ง (2554) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองหลายครั้ง ทำให้นักเรียนได้ทบทวน

ความรู้เดิม เกิดความคิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น และสามารถช่วยตรวจสอบมโนมติของตนเองที่ยังไม่สมบูรณ์ได้

2.2 การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

จากขั้นตอนการสอน จะเห็นว่าในทุกขั้นการสอนนักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการเรียนรู้หลากหลายวิธี เช่น การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การอภิปราย เป็นต้น แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบความคิดและสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของภาณุ บุตรวิเศษ (2557) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ตั้งข้อสงสัย ตั้งคำถาม คิดวางแผนการทำงาน แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนามโนมติได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism) ที่กล่าวว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ และจัดระบบความรู้ด้วยตนเอง

2.3 การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ระหว่างการสร้างแบบจำลอง

จากขั้นตอนการสอน จะเห็นว่าการอภิปรายร่วมกันระหว่างนักเรียนภายในกลุ่มย่อยก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เช่น ในขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การหักเหของแสง พบว่ามีนักเรียนส่วนใหญ่สร้างแบบจำลองแสดงการกระจายแสงของแสงขาว โดยมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่เมื่อผ่านการประเมินโดยเพื่อนแล้ว และร่วมกันอภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนทั้งชั้นเรียนในขั้นตอนที่ 8 พบว่านักเรียนในชั้นเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองของนักเรียนตัวแทนแต่ละกลุ่มได้ สามารถบอกได้ว่ากลุ่มไหนขาดโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดไป โดยผลการพัฒนามโนมติหลังเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถพัฒนาจากกลุ่มที่ไม่มีมโนมติมาอยู่ในกลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนมากที่สุด สอดคล้องกับทิศนา แขมมณี (2557, หน้า 54) ที่กล่าวว่า การอภิปรายกลุ่มย่อยช่วยให้นักเรียนกลุ่มใหญ่มีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง และเป็นวิธีสอนที่ช่วยให้นักเรียนและครูได้ข้อมูลและความคิดเห็นที่หลากหลาย ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น

2.4 สถานการณ์จำลองที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง

จากขั้นตอนการสอน จะเห็นว่าธรรมชาติเนื้อหาของเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์มีลักษณะเป็นแนวคิดเชิงนามธรรม ต้องอาศัยการจินตนาการในการเรียนรู้ และมีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ มโนมติที่นักเรียนได้รับจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์จึงยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ แต่สถานการณ์จำลองสามารถอธิบายแนวคิดเชิงนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนผ่านกราฟฟิคต่างๆ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเกิดมโนมติที่สมบูรณ์ในเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ได้

สอดคล้องกับธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2558) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อ เทคโนโลยี ที่แสดงให้นักเรียนเห็นภาพและอธิบายอย่างชัดเจนและเห็นเป็นรูปธรรมได้ เช่น การใช้รูปภาพ แบบจำลองหรือแอนิเมชัน เป็นต้น จะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรปฏิบัติดังนี้

1.1 การเตรียมการก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรม

ครูควรให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการ จัดทำสื่อสาธิตวิธีใช้งานและการดำเนินการทดลองเบื้องต้นให้นักเรียนนำไปศึกษาด้วยตนเองล่วงหน้าก่อนปฏิบัติกิจกรรม พร้อมทั้งกำกับติดตามผลการศึกษาด้วยแบบทดสอบก่อนเริ่มทำกิจกรรม

1.2 รูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสม

สถานการณ์ที่ใช้ในกิจกรรม ควรเป็นสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้ตัว มักถูกมองข้าม และอยู่ในความสนใจของนักเรียน หากจัดอยู่ในรูปแบบของวิดีโอช่วยให้นักเรียนมองเห็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนและครอบคลุมกว่ารูปแบบอื่น ถ้าสถานการณ์มีความซับซ้อน ควรมีการกำหนดรายละเอียดสำคัญเพิ่มเติมให้ ควรใช้สถานการณ์จำลองในรูปแบบของการทดลองเสมือนจริง และอยู่ในลักษณะของแอพพลิเคชัน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ในงานวิจัยนี้ พบว่าการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองหลายครั้งช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ ดังจะเห็นได้จากในขั้นตอนที่ 9 ที่นักเรียนสามารถนำมโนมติที่ได้รับจากการทำกิจกรรมมาใช้อธิบายสถานการณ์ให้ได้ ดังนั้นในครั้งต่อไปอาจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนาการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

2.2 ในงานวิจัยนี้ พบว่าการจัดกิจกรรมสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ควบคู่กับการใช้สถานการณ์จำลองช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาวิชาที่มีลักษณะเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมได้ จึงควรนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเนื้อหาวิชาอื่นที่มีลักษณะเช่นเดียวกัน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์. (2555). *การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การรักษาดุลยภาพของเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE).* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ* (พิมพ์ครั้งที่ 6). นนทบุรี: พี บาลานซ์ดีไซด์แอนปริ้นติ้ง.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). *กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ.* กรุงเทพฯ: วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์.

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

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

ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ* (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม. (2554). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4EX2 ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธิดารัตน์ ขอดจันทึก. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง ไฟฟ้าที่มีต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ธิดารัตน์ คำแพง. (2560). *การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Kolb โดยยึดรูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธีรตา ชาติวรรณ. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโควาเลนต์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2558). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 16(4), 202-209.

นิศา ชูโต. (2551). *การวิจัยเชิงคุณภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: พริ้นต์โพร.

บุญถิ่น อินทร์วิเศษ. (2556). *มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พัณนิดา มิ่งมิตร. (2559). *ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์หทัย พึ่งตาแสง. (2559). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์และการนำความรู้ไปใช้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์.

ภาณุ บุตรวิเศษ. (2557). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ต่อมโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

มนัส บุญประกอบ. (2533). ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 18(69), 26-29.

รัตนาพร ประพันธ์วิทย์. (2560). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วรัญญา จำปามูล. (2555). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรีนภา ภาคภูมิ. (2554). *การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์และทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE).* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สวนีย์ เพ็ชรพงศ์. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการสร้างผังมโนทัศน์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* สืบค้น 10 พฤษภาคม 2562, จาก https://www.scimath.org/ebook-science/item/8923-2018-10-01-01-59-16

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3.* สืบค้น 7 มิถุนายน 2562, จาก https://www.scimath.org/ebook-physics/item/10331-5-3-10331

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1.* สืบค้น 26 เมษายน 2563, จาก https://www.scimath.org/ebook-science/item/11459-3-1-11459

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สายชล สุขโข. (2557). *ผลการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่มีต่อความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่21.* เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สุพิชญา กมลรัตน์. (2557). *การส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนมติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อัจฉรา ปานรอด. (2555). *ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Beak, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). *Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings.* Retrieved June 20, 2019, from https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7_9

Baek, H. (2013). *Tracing fifth-grade students' epistemologies in modeling through their participation in a model-based curriculum unit.* Retrieved June 20, 2019, from https://d.lib.msu.edu/etd/105

Buckley, B.C., & C.J. Bouter. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J.K. Gilbert, & C.J. Bouter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp.119-135). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Buckley, B.C., J.D. Gobet, A.C.H. Kindfield, P. Horwitz, 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.

Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010). Development and Application of a Three-Tier Diagnosic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939-961.

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.

Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hall Company.

Jacobson, W. J., and Bergman, A.B. 1991. *Science for Children A book for Teachers* (3rd ed). Englewood Cliffts, New Jersey: Prentice Hall.

Kutluay. Y. (2005). *Diagnosis of eleventh grade student' misconceptions about geometric optic by a three-tier test*. The degree of master of science in secondary science and mathenatics education.

Lawson, A, E. (1993). A theory of teaching of conceptual understand, rational thought and creativity. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(4), 35-85.

Romey, W.D. (1968). Inquiry Techniques for Teaching Science. New Jersey: Prentice-Hall. Simpson, W.D. and E.A. Marek. 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.

Schwarz, C.V., et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science*, 46(6), 632-654.

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.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา
   คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ้ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์
   คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. นางศิริวรรณ ทัพทวี ครูชำนาญการพิเศษ
   โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ
   จังหวัดนครสวรรค์
4. นางสุณีรัตน์ โฉมยงค์ ครูชำนาญการพิเศษ
   โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ
   จังหวัดนครสวรรค์

ภาคผนวก ข แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติ เรื่อง แสง และทัศนอุปกรณ์

ตาราง 15 แสดงผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติ ก่อนเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

จุดประสงค์การเรียนรู้	คำถามข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
นักเรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสงได้	1	-1	+1	0	0	ใช้ไม่ได้
	2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้	3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหของแสงเมื่อแสงผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกันได้	5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
	6	+1	0	0	0.33	ใช้ไม่ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการสะท้อนกลับหมดของแสงได้	7	+1	0	0	0.33	ใช้ไม่ได้
	8	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมได้	9	-1	+1	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
	10	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากเลนส์ได้	11	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
	12	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ได้	13	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
	14	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้

จากตาราง 15 ผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติก่อนเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 14 ข้อ พบว่ามีข้อคำถามในแบบวัดมโนมติที่ผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 จำนวน 8 ข้อ และมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ

ตาราง 16 แสดงผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

จุดประสงค์การเรียนรู้	คำถามข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
นักเรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสงได้	1	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้	3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหของแสงเมื่อแสงผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกันได้	5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
	6	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการสะท้อนกลับหมดของแสงได้	7	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
	8	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมได้	9	0	+1	0	0.33	ใช้ไม่ได้
	10	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากเลนส์ได้	11	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
	12	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์ได้	13	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
	14	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้

จากตาราง 16 ผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 14 ข้อ พบว่ามีข้อคำถามในแบบวัดมโนมติที่ผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 จำนวน 12 ข้อ และมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 2 ข้อ

ภาคผนวก ค แบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

ตาราง 17 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
4	กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5	เวลาที่ใช้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	มาก
6	สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับ เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
7	การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
8	ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ใน แผนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	รวมเฉลี่ย				4.79	0.29	**มากที่สุด**

จากตาราง 17 ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง จากผู้เชี่ยวชาญ โดยภาพรวม พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.79, S.D. = 0.29)

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน	3	4	5	4.00	1.00	มาก

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4	กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5	เวลาที่ใช้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6	สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับ เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
7	การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
8	ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ใน แผนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	รวมเฉลี่ย				4.67	0.49	มากที่สุด

จากตาราง 18 ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การหักเหของแสง จากผู้เชี่ยวชาญ โดยภาพรวม พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.49)

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน	3	4	5	4.00	1.00	มาก
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4	กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5	เวลาที่ใช้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	มาก
6	สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับ เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
7	การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
8	ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ใน แผนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	รวมเฉลี่ย				**4.63**	**0.49**	**มากที่สุด**

จากตาราง 19 ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทัศนอุปกรณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ โดยภาพรวม พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49)

ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 **หน่วยการเรียนรู้ที่ 3** **เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์**
รายวิชา วิทยาศาสตร์ 6 **รหัสวิชา ว23101** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
เรื่อง การสะท้อนของแสง **เวลา 4 ชั่วโมง**
ผู้สอน นางสาวณัฏยา ลิ้มวัฒนา

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัด

ม.3/13 ออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง

ม.3/14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา

ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ

1. นักเรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสงได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้

ด้านทักษะกระบวนการ

3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาได้
4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้
5. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้

6. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้

7. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

8. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน

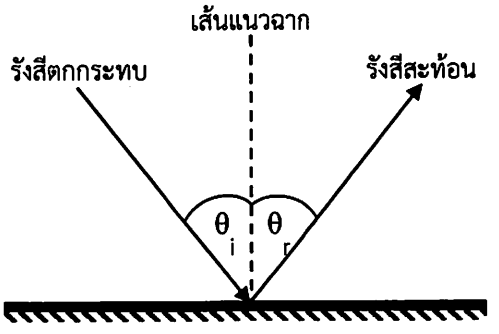
9. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

มโนมติหลัก

เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวของวัตถุทุกชนิด แสงจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง โดยรังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

การสะท้อนของแสง (Reflection of light) เกิดจากการที่แสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุ เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง โดยรังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ ดังภาพ



เมื่อ θ_i คือ มุมตกกระทบ มุมระหว่างทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบกับเส้นแนวฉาก

θ_r คือ มุมสะท้อน มุมระหว่างทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อนกับเส้นแนวฉาก

การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวราบกับผิวขรุขระ

ตัวสะท้อนผิวราบ หรือขรุขระ ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ การสะท้อนของแสงจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ แต่เมื่อรังสีขนานของแสงตกกระทบตัวสะท้อนผิวราบ รังสีสะท้อนทุกรังสีจะไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรังสีขนานของแสงตกกระทบตัวสะท้อนผิวขรุขระ รังสีสะท้อนจะมีทิศทางแตกต่างกันไม่เป็นระเบียบ

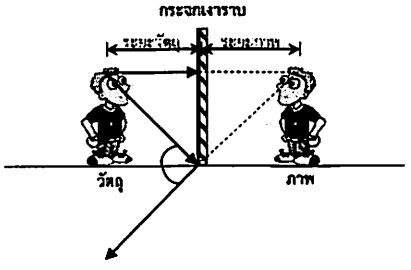
มโนมติหลัก

ภาพจากกระจกเงาเกิดจากรังสีสะท้อนตัดกันหรือต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน โดยถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริงจะเกิดภาพจริง แต่ถ้าต่อแนวรังสีสะท้อนให้ไปตัดกัน จะเกิดภาพเสมือน และสามารถเกิดได้ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังกระจก

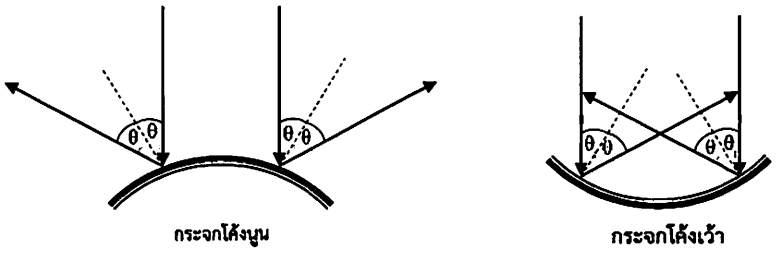
การเกิดภาพจากกระจกเงาราบ

แสงที่สะท้อนบนผิวกระจกเงาราบจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนเสมอ โดยรังสีของแสงจะสะท้อนไปตัดกันที่จุด ๆ หนึ่ง ทำให้เกิดภาพ ดังนั้นการหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสง อาจให้ความสำคัญกับรังสีของแสงเพียง 2 เส้นเท่านั้น และเมื่อรังสีสะท้อนตัดกันจะเกิดภาพ โดยถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริง ภาพที่เกิดจะเป็นภาพจริง แต่ถ้าไม่ตัดกันจริง (เสมือนว่าตัดกัน) จะเกิดภาพเสมือน

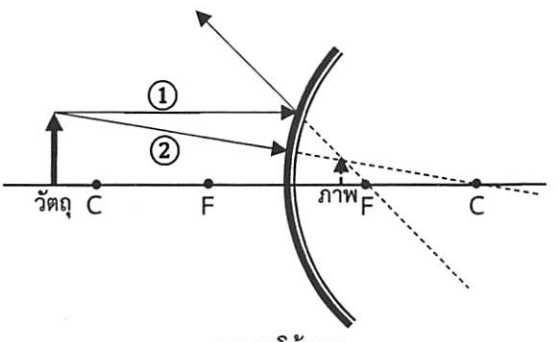
ภาพที่เกิดจากการสะท้อนด้วยกระจกเงาราบ เป็นภาพเสมือนกลับหน้า-หลัง ขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ และระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ



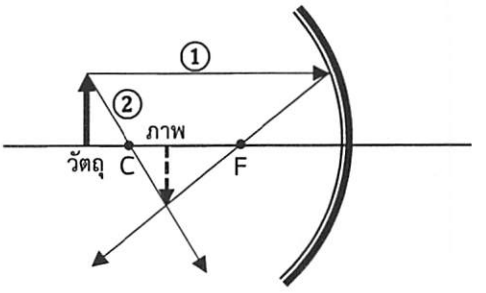
การเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง



กระจกเงาโค้ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กระจกนูน และกระจกเว้า โดยกระจกนูนจะทำหน้าที่กระจายแสง ส่วนกระจกเว้าจะทำหน้าที่รวมแสง ในการหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนกระจกโค้งให้ความสำคัญกับรังสีของแสงเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ ① รังสีที่ขนานกับแกนมุขสำคัญ และ ② รังสีที่ผ่านจุดโฟกัส ดังภาพ



กระจกโค้งนูน



กระจกโค้งเว้า

ภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนกระจกโค้ง เป็นดังนี้

1. ภาพที่เกิดจากกระจกนูน เป็นภาพเสมือนแต่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ

2. ภาพที่เกิดจากกระจกเว้า เป็นได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ภาพที่เกิดขึ้นมีทั้งขนาดขยาย เท่าเดิม และย่อส่วนลง ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุที่วางหน้ากระจกเว้า

5. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence)

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (10 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ภาพรถพยาบาล ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

ที่มา: กลุ่มภารกิจด้านข่าวและสื่อมวลชนสัมพันธ์ สำนักสารนิเทศ กระทรวงสาธารณสุข จาก https://www.thaihealth.or.th

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับภาพข้างต้น ดังนี้

- นักเรียนเคยพบเห็นรถยนต์ที่มีลักษณะดังภาพหรือไม่ รถยนต์คันดังกล่าวคือรถอะไร และถูกนำมาใช้ประโยชน์อะไร (แนวคำตอบ: เคย, รถพยาบาล, คนส่งโดยสารผู้ป่วย)

- ทำไมรถพยาบาลต้องเขียนคำว่า "AMBULANCE" กลับด้าน (แนวคำตอบ: เพื่อให้รถคันหน้ามองกระจกหลังแล้ว สามารถอ่านเป็นคำว่า AMBULANCE ได้โดยไม่ต้องกลับด้านหน้า-หลัง)

3. ครูกล่าวอธิบายเพิ่มเติมและเชื่อมโยงเหตุผลที่รถพยาบาลต้องเขียนคำว่า "AMBULANCE" กลับด้าน ให้นักเรียนเข้าใจว่าเป็นผลที่เกิดจากการสะท้อนของแสง ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้จากบทเรียนในวันนี้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (5 นาที)

4. นักเรียนแต่ละคนออกมารับแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1 จากครู

5. นักเรียนแต่ละคนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1. ผ่านการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพ

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (80 นาที)

6. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม โดยมีสมาชิกกลุ่มละ 4 - 5 คน ด้วยวิธีสุ่ม

7. นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มแลกเปลี่ยนภาพวาดที่แสดงถึงสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในกิจกรรมที่ 1 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบภาพวาดของตนเองกับเพื่อน

8. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 โดยให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม จากนั้นตรวจสอบความเข้าใจในการอ่าน โดยใช้คำถามดังนี้

- กิจกรรมนี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร (แนวคำตอบ: กฎการสะท้อนของแสง)

- กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อะไร (แนวคำตอบ: ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง)

- วิธีดำเนินกิจกรรมมีขั้นตอนโดยสรุปอย่างไร (แนวคำตอบ: อภิปราย ตั้งคำถามและสมมติฐาน กำหนดตัวแปร วางแผนการทดลอง และดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน)

- นักเรียนต้องสังเกตหรือรวบรวมข้อมูลอะไรบ้าง (แนวคำตอบ: ขนาดมุมตกกระทบ, ขนาดมุมสะท้อน)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง โดย ระบุตัวแปร สมมติฐานในการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง จากนั้นจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในใบกิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1

10. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน สังเกต บันทึกผลลงในตาราง สรุปผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอข้อมูล

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองของตนเองหน้าชั้นเรียน ในประเด็นดังนี้

- ตัวแปรที่ศึกษา
- สมมติฐานในการทดลอง
- ผลการทดลองที่ปรากฏอยู่บนกระดาษขาวซึ่งใช้ในการดำเนินกิจกรรม
- ตารางบันทึกผลการทดลอง
- สรุปผลการทดลอง

12. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทำกิจกรรม เพื่อให้ได้ใจความว่า เมื่อแสงตกกระทบ พื้นผิวของวัตถุ แสงจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง โดยรังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

13. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมตอนที่ 2 โดยใช้คำถามเชื่อมโยงกระตุ้นความสนใจของนักเรียนดังนี้

- จากกิจกรรมตอนที่ 1 หากเปลี่ยนจากรังสีของแสงเป็นวัตถุจริง การสะท้อนของแสงบนวัตถุ ผิวราบจะทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะอย่างไร

14. ครูให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรมในกิจกรรมตอนที่ 2 จากนั้นตรวจสอบความเข้าใจในการอ่าน โดยใช้คำถามดังนี้

- กิจกรรมนี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร (แนวคำตอบ: ภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงของวัตถุผิวราบ)
- กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อะไร (แนวคำตอบ: ทดลองและอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงของวัตถุผิวราบ)
- วิธีดำเนินกิจกรรมมีขั้นตอนโดยสรุปอย่างไร
- นักเรียนต้องสังเกตหรือรวบรวมข้อมูลอะไรบ้าง (แนวคำตอบ: ขนาดภาพ และระยะภาพที่เกิดภาพจากการสะท้อนแสงของวัตถุผิวราบ)

15. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนในกิจกรรม เพื่อสังเกต บันทึกผล สรุปผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอข้อมูล

16. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองของตนเองหน้าชั้นเรียน ในประเด็นดังนี้

- ผลการทดลอง

- สรุปผลการทดลอง

17. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทำกิจกรรม เพื่อให้ได้ใจความว่า ภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงจากวัตถุผิวราบจะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุเสมอ

18. นักเรียนจดบันทึกความรู้ที่ได้จากการอภิปรายตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 ลงในใบกิจกรรมที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (10 นาที)

19. ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง ดังนี้

- ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมที่ 2 มีความเหมือนหรือแตกต่างจากภาพวาดแบบจำลองเบื้องต้นในกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1. หรือไม่ อย่างไร

- ถ้าหากแตกต่างจากภาพวาดแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนจะแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอย่างไร เพราะเหตุใด

20. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2.

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (65 นาที)

21. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 3 โดยการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวราบกับผิวขรุขระ

ที่มา: แอพพลิเคชัน การสะท้อนของแสง

ซึ่งครูจะใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียน ดังนี้

- การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบตัวสะท้อนผิวราบ และผิวขรุขระเป็นไปตามกฎการสะท้อนหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ: เป็น, มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ แต่เมื่อรังสี

ขนานของแสงตกกระทบตัวสะท้อนผิวราบ รังสีสะท้อนทุกรังสีจะไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรังสีขนานของแสงตกกระทบตัวสะท้อนผิวขรุขระ รังสีสะท้อนจะมีทิศทางแตกต่างกันไม่เป็นระเบียบ)

- ตัวสะท้อนผิวราบทำให้เกิดภาพได้อย่างไร (แนวคำตอบ: รังสีของแสงสะท้อนไปตัดกันที่จุดๆ หนึ่งทำให้เกิดภาพ)

- ภาพจริงเกิดขึ้นได้อย่างไร (แนวคำตอบ: ถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริง ภาพที่เกิดจะเป็นภาพจริง)

- ภาพเสมือนเกิดขึ้นได้อย่างไร (แนวคำตอบ: ถ้ารังสีสะท้อนไม่ได้ตัดกันจริง (เสมือนว่าตัดกัน) ภาพที่เกิดจะเป็นภาพเสมือน)

- ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเป็นภาพแบบใด เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ: ภาพเสมือน เพราะรังสีสะท้อนไม่ได้ตัดกันจริง)

- การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาราบสามารถทำได้อย่างไร (แนวคำตอบ: เนื่องจากกระจกเงาราบ รังสีของแสงสะท้อนจะไปตัดกันที่จุดๆ หนึ่งทำให้เกิดภาพ ดังนั้นการหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสง อาจให้ความสำคัญกับรังสีของแสง 2 เส้นเท่านั้น และเมื่อรังสีสะท้อนตัดกันหรือต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกันจะเกิดภาพที่ตำแหน่งนั้น)

- ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ: เป็นภาพเสมือนกลับหน้า-หลัง ขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ และระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ)

22. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 1 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1.

23. ครูนำเข้าสู่สถานการณ์จำลองที่ 2 โดยกล่าวเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์จำลองที่ 1 ด้วยคำถาม ดังนี้

- กระจกเงาราบทำให้เกิดภาพเสมือนเท่านั้น แล้วภาพจริงเกิดขึ้นได้ไหม เกิดขึ้นได้อย่างไร และมีลักษณะอย่างไร

24. ครูนำกระจกเงาชนิดต่าง ๆ มาให้นักเรียนทดลองส่อง แล้วตั้งคำถามดังนี้

- นักเรียนสังเกตพบอะไรจากการส่องกระจกเงาราบบ้าง (แนวคำตอบ: ภาพกลับหน้า-หลัง, ขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ)

- นักเรียนสังเกตพบอะไรจากการส่องกระจกนูนบ้าง (แนวคำตอบ: ภาพที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กกว่าวัตถุ)

- นักเรียนสังเกตพบอะไรจากการส่องกระจกเว้าบ้าง (แนวคำตอบ: ภาพที่เกิดขึ้นมีทั้งขนาดขยาย เท่าเดิม และย่อส่วนลง ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุที่วางหน้ากระจกเว้า)

25. ครูให้นักเรียนศึกษาคลิปวิดีโอ เรื่อง การสะท้อนแสงของผิวโค้งเป็นอย่างไร

ที่มา: https://www.scimath.org/video-science/item/9510-2018-11-27-02-14-25

ซึ่งครูจะใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียน ดังนี้

- แผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งในคลิปวิดีโอมีกี่ชนิด อะไรบ้าง (แนวคำตอบ: 2 ชนิด คือ ผิวโค้งเว้าและผิวโค้งนูน)

- เมื่อรังสีของแสงขนานตกกระทบแผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งเว้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวคำตอบ: รังสีของแสงเกิดการยุบรวมเข้าหากัน)

- เมื่อรังสีของแสงขนานตกกระทบแผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งนูนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวคำตอบ: รังสีของแสงเกิดการกระจายออกจากกัน)

26. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาคลิปวิดีโอ เรื่อง การสะท้อนแสงของผิวโค้งเป็นอย่างไร ให้ได้ใจความว่า

- เมื่อลำแสงขนานไปตกกระทบแผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งเว้า ลำแสงขนานจะสะท้อนไปรวมกัน ณ จุด ๆ หนึ่ง บนแกนมุขสำคัญ ดังนั้นแผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งเว้าจึงมีคุณสมบัติรวมแสง

- เมื่อลำแสงขนานไปตกกระทบผิวสะท้อนแสงผิวโค้งนูน ลำแสงสะท้อนจะกระจายออก แต่เมื่อต่อแนวลำแสงสะท้อนไปด้านหลังผิวสะท้อน เสมือนว่าลำแสงสะท้อนไปตัดกันที่จุด ๆ หนึ่ง บนแกนมุขสำคัญ ดังนั้นแผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งนูนจึงมีคุณสมบัติกระจายแสง

- กระจกเว้ามีลักษณะเช่นเดียวกับผิวสะท้อนแสงผิวโค้งเว้า จึงมีคุณสมบัติรวมแสง

- กระจกนูนมีลักษณะเช่นเดียวกับผิวสะท้อนแสงผิวโค้งนูน จึงมีคุณสมบัติกระจายแสง

- ในการหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนกระจกโค้ง จึงให้ความสำคัญกับรังสีของแสงเพียง 2 เส้น คือ รังสีที่ขนานกับแกนมุขสำคัญและรังสีที่ผ่านจุดโฟกัส

27. ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวโค้ง

ที่มา: แอพพลิเคชัน การสะท้อนของแสง

ซึ่งครูจะใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียน ดังนี้

- ในการหาตำแหน่งภาพโดยการการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง ที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนแผ่นสะท้อนแสงผิวโค้งให้ความสำคัญกับอะไรบ้าง (แนวคำตอบ: รังสีของแสง 2 เส้น คือ รังสีที่ขนานกับแกนมุขสำคัญและรังสีที่ผ่านจุดโฟกัส)

- การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้งสามารถทำได้อย่างไร (แนวคำตอบ: วาดเส้นรังสี 2 เส้น คือ รังสีที่ขนานกับแกนมุขสำคัญและรังสีที่ผ่านจุดโฟกัส และเมื่อรังสีสะท้อนของทั้งสองเส้นตัดกันจะเกิดภาพ โดยถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริง ภาพที่เกิดจะเป็นภาพจริง แต่ถ้าไม่ตัดกันจริง จะเกิดภาพเสมือน)

- ภาพที่เกิดจากกระจกเงาเว้ามีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ: เป็นได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน และภาพที่เกิดขึ้นมีทั้งขนาดขยาย เท่าเดิม และย่อส่วนลง ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุที่วางหน้ากระจกเว้า)

- ภาพที่เกิดจากกระจกเงานูนมีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ: เป็นภาพเสมือนแต่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ)

28. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองที่ 2 และให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้ง ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 2.

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (10 นาที)

29. ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลอง มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง ดังนี้

- ความรู้ที่ได้จากความรู้จากข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองในกิจกรรมที่ 3 มีความเหมือนหรือแตกต่างจากภาพวาดแบบจำลองในกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2. หรือไม่ อย่างไร

- นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ในกิจกรรมที่ 1 มีความถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ และมีประเด็นใดบ้างที่ต้องการปรับปรุงแก้ไข

30. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง โดยการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3. พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน (15 นาที)

31. ครูแจกแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

32. นักเรียนแต่ละคนผลัดกันนำเสนอแบบจำลองของตนเองจากขั้นตอนที่ 6 ต่อสมาชิกภายในกลุ่ม

33. นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูแจกให้ และร่วมกันสะท้อนผลกลับให้นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่ม โดยมีครูคอยช่วยแนะนำและให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมระหว่างการประเมิน

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง (30 นาที)

34. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนักเรียนที่สร้างแบบจำลองได้ดีที่สุด เพื่อออกมานำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน ซึ่งคัดเลือกมาจากผลการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูมอบให้ก่อนหน้า หากนักเรียนกลุ่มใดมีสมาชิกที่ได้ผลคะแนนเท่ากัน ครูจะเป็นผู้คัดเลือกตัวแทนนำเสนอให้แทน

35. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันของแต่ละคนมาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน โดยครูใช้คำถามแนะแนวทางดังนี้

- แบบจำลองของแต่ละกลุ่มมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

- แบบจำลองของแต่ละกลุ่มมีลักษณะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

- แบบจำลองที่สามารถนำมาใช้อธิบายแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับ เรื่อง การสะท้อนของแสง ควรมีลักษณะอย่างไร

36. ครูและนักเรียนนำข้อสรุปที่ได้จากข้อ 27. มาร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน จากนั้นให้นักเรียนจดบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4.

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (15 นาที)

37. นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้รับจากการลงมติร่วมกันสร้างแบบจำลองในขั้นตอนที่ 8 มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 (การเกิดภาพสะท้อนบนผิวน้ำ) โดยนักเรียนจะต้องแสดงออกถึงพฤติกรรมดังต่อไปนี้

- สร้างแบบจำลองผ่านการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- เขียนบรรยายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ประกอบใต้ภาพ
- ยกตัวอย่างสถานการณ์ในลักษณะเดียวกันมา 1 ตัวอย่าง

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1

6.2 สถานการณ์จำลอง เรื่อง การสะท้อนของแสง จากแอพพลิเคชัน การสะท้อนของแสง ของ สสวท.

6.3 คลิปวิดีโอ จาก คลังความรู้ SciMath

- เรื่อง การสะท้อนแสงของผิวโค้งเป็นอย่างไร

(https://www.scimath.org/video-science/item/9510-2018-11-27-02-14-25)

6.4 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง เรื่อง การสะท้อนของแสง

6.5 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1

7. ภาระงาน/ชิ้นงาน

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1

8. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	การวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ความเข้าใจ 1. นักเรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสงได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้	**วิธีวัด** ตรวจแบบบันทึกกิจกรรม **เครื่องมือวัด** แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ความเข้าใจ	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ความเข้าใจ อยู่ในระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	การวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านทักษะกระบวนการ 3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาได้ 4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ 5. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้ 6. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้ 7. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้	**วิธีวัด** ตรวจแบบบันทึกกิจกรรม **เครื่องมือวัด** แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคลด้านทักษะกระบวนการ	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ อยู่ในระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	การวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน 9. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	**วิธีวัด** สังเกตพฤติกรรม **เครื่องมือวัด** แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	การวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านทักษะกระบวนการ 3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาได้ 4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ 5. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้ 6. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้ 7. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้	**วิธีวัด** ตรวจแบบบันทึกกิจกรรม **เครื่องมือวัด** แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคลด้านทักษะกระบวนการ	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ อยู่ในระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	การวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน 9. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	**วิธีวัด** สังเกตพฤติกรรม **เครื่องมือวัด** แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ความเข้าใจ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ความเข้าใจ โดยการตรวจแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1 กิจกรรมที่ 4
2. แบบประเมินนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

   ส่วนที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ความเข้าใจ

   ส่วนที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนน

   ส่วนที่ 3 เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ความเข้าใจ

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง

คะแนนที่ได้ ☐

ระดับคุณภาพ

☐☐ ดีมาก

☐☐ ดี

☐☐ พอใช้

☐☐ ควรปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(นางสาวณัฏยา ลิ้มวัฒนา)

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนน

แบบจำลองที่ถูกต้อง จะต้องสามารถนำกฎการสะท้อนของแสงมาใช้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 ได้ พร้อมทั้งมีการบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ ดังเกณฑ์ต่อไปนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 ได้ถูกต้องตามหลักการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา และมีการบรรยายประกอบใต้ภาพ โดยระบุว่า รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และระบุว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ	คะแนนเต็ม (4 คะแนน)
สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 ได้ แต่ไม่ถูกต้องตามหลักการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา และมีการบรรยายประกอบใต้ภาพ โดยระบุว่า รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และระบุว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ	3 คะแนน
สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 ได้ แต่ไม่ถูกต้องตามหลักการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา แต่มีการบรรยายประกอบใต้ภาพ โดยระบุว่า รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และระบุว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ	2 คะแนน
ไม่สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 4 แต่มีการบรรยาย โดยระบุว่า รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน หรือระบุว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ	1 คะแนน
คำตอบอื่นๆ หรือ ไม่ตอบ	ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)

ส่วนที่ 3 เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคุณภาพ	คะแนนที่ได้
ดีมาก	4 คะแนน
ดี	3 คะแนน
พอใช้	2 คะแนน
ควรปรับปรุง	0 - 1 คะแนน

แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ โดยการตรวจแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชุดที่ 1
2. แบบประเมินนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

   ส่วนที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ

   ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ

   ส่วนที่ 3 เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			
	4	3	2	1
1. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาได้				
2. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้				
3. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้				
4. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้				
5. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้				
คะแนนรวม				

ระดับคุณภาพ

☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ พอใช้ ☐ ควรปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(นางสาวณัฏยา ลิ้มวัฒนา)

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะกระบวนการ

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
1. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาได้ (ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 ข้อ 3.)	วาดรังสีของแสงสะท้อน 2 เส้น ถูกต้องตามกฎการสะท้อนของแสง และต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน และวาดขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ และสามารถสื่อให้เห็นว่าระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ	วาดรังสีของแสงสะท้อน 2 เส้น ถูกต้องตามกฎการสะท้อนของแสง และต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน และวาดขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ หรือสามารถสื่อให้เห็นว่าระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ	วาดรังสีของแสงสะท้อน 2 เส้น และต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน และวาดขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ หรือสามารถสื่อให้เห็นว่าระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ	วาดรังสีของแสงสะท้อน 2 เส้น และต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน
2. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ (ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1.)	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้น ซึ่งแบบจำลองจะต้องระบุตัวแปรและสื่อให้เห็นถึงการนำกฎการสะท้อนของแสงมาใช้	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้น ซึ่งแบบจำลองจะต้องระบุตัวแปรหรือสื่อให้เห็นถึงการนำกฎการสะท้อนของแสงมาใช้	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้น	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
3. นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้ (ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2)	ออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง โดย ระบุตัวแปรและสมมติฐานในการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผล และดำเนินการทดลองตามวิธีการได้ถูกต้อง	ออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง โดย ระบุตัวแปรหรือสมมติฐานในการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผล และดำเนินการทดลองตามวิธีการได้ถูกต้อง	ออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง โดย ระบุตัวแปรหรือสมมติฐานในการทดลอง หรือออกแบบตารางบันทึกผลและดำเนินการทดลองตามวิธีการได้ถูกต้อง	ดำเนินการทดลองตามวิธีการได้ถูกต้อง
4. นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้ (ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2. และข้อ 3.)	ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้	ประเมินหรือปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้	ปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเชิงประจักษ์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้	ปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จำลองได้

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
5. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้ (ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมที่ 4)	สร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงได้ถูกต้องตามหลักการและเขียนบรรยายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ประกอบใต้ภาพสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และยกตัวอย่างสถานการณ์ในลักษณะเดียวกันมา 1 ตัวอย่าง	สร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงได้และเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และยกตัวอย่างสถานการณ์ในลักษณะเดียวกันมา 1 ตัวอย่าง	สร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง และเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ	สร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงได้

ส่วนที่ 3 เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคุณภาพ	คะแนนที่ได้
ดีมาก	16 - 20 คะแนน
ดี	11 - 15 คะแนน
พอใช้	6 - 10 คะแนน
ควรปรับปรุง	1 - 5 คะแนน

แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสังเกตจากการปฏิบัติของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
2. แบบประเมินนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ส่วนที่ 3 เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			
	4	3	2	1
1. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน				
2. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน				
คะแนนรวม				

ระดับคุณภาพ

☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ พอใช้ ☐ ควรปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(นางสาวณัฏยา ลิ้มวัฒนา)

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
1. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน	มีความกระตือรือร้นในการที่จะเรียนรู้ มีความตั้งใจ และเอาใจใส่ มีความเพียรพยายาม สนใจในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ	มีความกระตือรือร้นในการที่จะเรียนรู้ มีความตั้งใจ และเอาใจใส่ สนใจในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ	มีความกระตือรือร้นในการที่จะเรียนรู้ มีความตั้งใจ สนใจในการปฏิบัติเพียงบางกิจกรรม	ไม่มีความกระตือรือร้นในการที่จะเรียนรู้ ไม่มีความตั้งใจ ไม่สนใจในการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรม
2. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	ตั้งใจทำงานด้วยความเพียรพยายามและอดทน งานเสร็จตามเป้าหมายอย่างสมบูรณ์ และเป็นแบบอย่างได้	ตั้งใจรับผิดชอบการทำงานได้สำเร็จตรงตามเป้าหมายอย่างสมบูรณ์	รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายและตรงตามเป้าหมายบางส่วน	ไม่รับผิดชอบในการทำงาน งานที่ได้รับมอบหมายไม่เสร็จสมบูรณ์

ส่วนที่ 3 เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคุณภาพ	คะแนนที่ได้
ดีมาก	7 - 8 คะแนน
ดี	5 - 6 คะแนน
พอใช้	3 - 4 คะแนน
ควรปรับปรุง	1 - 2 คะแนน

แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยการตรวจให้คะแนนคุณภาพแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นมา
2. แบบประเมินนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

   ส่วนที่ 1 ผลการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล

   ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ถูกประเมินคนที่ 1

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน
1. ความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	
3. การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	
คะแนนรวม	

ผู้ถูกประเมินคนที่ 2

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน
1. ความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	
3. การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	
คะแนนรวม	

ผู้ถูกประเมินคนที่ 3

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน
1. ความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	
3. การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	
คะแนนรวม	

ผู้ถูกประเมินคนที่ 4

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน
1. ความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	
3. การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	
คะแนนรวม	

ผู้ถูกประเมินคนที่ 5

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน
1. ความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	
3. การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	
คะแนนรวม	

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(นางสาวณัฏยา ลิ้มวัฒนา)

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
1. ความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	วาดภาพแสดงรายละเอียดเงื่อนไขสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง ครบถ้วน และเขียนอธิบายได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน	วาดภาพแสดงรายละเอียดเงื่อนไขสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง และเขียนอธิบายได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง	วาดภาพแสดงรายละเอียดเงื่อนไขสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และเขียนอธิบายได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	วาดภาพแสดงรายละเอียดเงื่อนไขสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
2. การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	ระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในภาพวาดได้ถูกต้อง ครบถ้วน และเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้อง ชัดเจน	ระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในภาพวาดได้ถูกต้อง และเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้อง	ระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในภาพวาดได้ และเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้	ระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ลงในภาพวาดได้

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
3. การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพได้ถูกต้องตามหลักการ และเขียนอธิบายใต้ภาพโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน	เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพได้ และเขียนอธิบายใต้ภาพโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ครบถ้วน	เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพได้ และเขียนอธิบายใต้ภาพโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพได้

แบบบันทึกกิจกรรม ชุดที่ 1 การสะท้อนของแสง

กิจกรรมที่ 1 เอ๊ะ! หรือ อ๋อ!

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ดังภาพ แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้

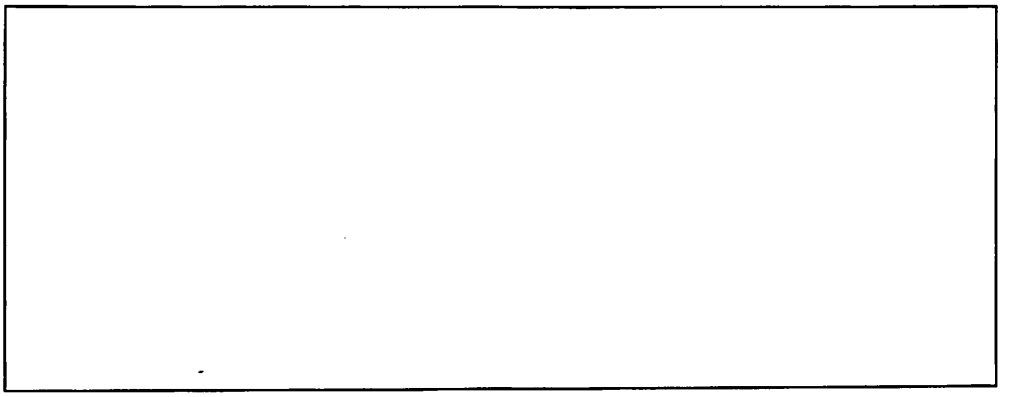
ทำไมรถพยาบาลต้องเขียนคำว่า "AMBULANCE" กลับด้าน ?

ที่มา: กลุ่มภารกิจด้านข่าวและสื่อมวลชนสัมพันธ์ สำนักสารนิเทศ กระทรวงสาธารณสุข จาก https://www.thaihealth.or.th

1. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ผ่านการวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้น พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ

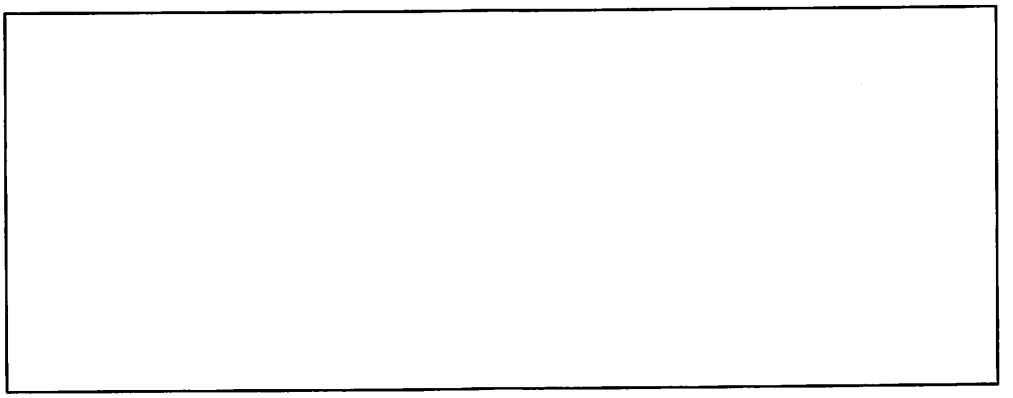
.....

2. ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใหม่ จากการนำความรู้ที่ได้จากข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบ มาใช้ประกอบการพิจารณาปรับปรุง พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ



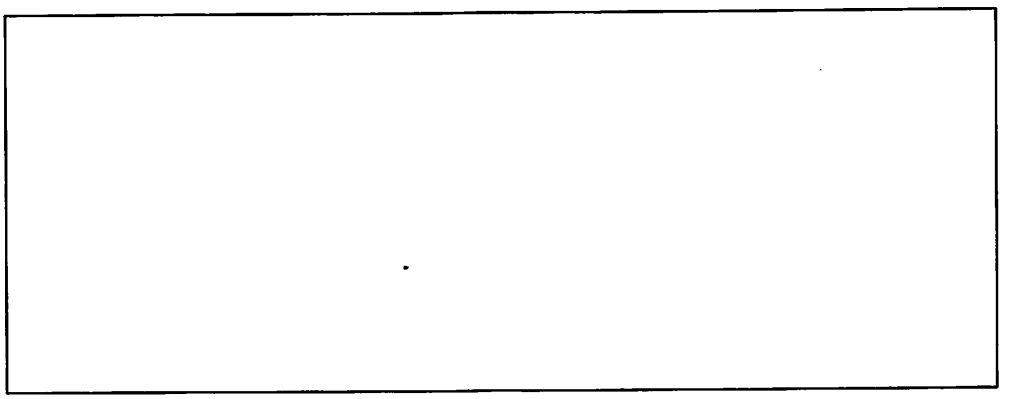
.....

3. ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใหม่ โดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดประกอบใต้ภาพ



.....

4. ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองตามมติร่วมกันของชั้นเรียน



.....

กิจกรรมที่ 2 การสะท้อนของแสงทำให้เกิดภาพได้อย่างไร ?

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้

ตอนที่ 1 การสะท้อนของแสงเป็นอย่างไร ?

จุดประสงค์ของกิจกรรม

ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง

วัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรม/กลุ่ม

1. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ	จำนวน 1 อัน	6. กระดาษขาว	จำนวน 1 แผ่น
2. กล่องแสงพร้อมหลอดไฟฟ้า	จำนวน 1 อัน	7. ดินน้ำมัน	จำนวน 1 ก้อน
3. แผ่นช่องแสง	จำนวน 1 อัน	8. ครึ่งวงกลม	จำนวน 1 อัน
4. สายไฟฟ้า	จำนวน 2 เส้น	9. ปากกาสี 4 สี	จำนวน 1 ชุด
5. กระจกเงาราบ	จำนวน 1 อัน	10. ไม้บรรทัด	จำนวน 1 อัน

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. ลากเส้นบนกระดาษขาวเป็นแนวการวางกระจกราบ จากนั้นขีดเส้นตั้งฉากกับแนวการวางกระจก
2. ขีดเส้นตรงให้ทำมุมกับเส้นตั้งฉาก 30° 45° และ 60° ตามลำดับ
3. วางกระจกราบตามแนวที่ขีดเส้นไว้
4. ใช้สายไฟ 2 เส้น ต่อกล่องแสงเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ โดยใช้ความต่างศักย์ 12 โวลต์
5. ใช้แผ่นช่องแสงที่ให้ลำแสงผ่านได้ 1 ช่อง สอดบริเวณด้านหน้ากล่องแสง
6. เสียบสายไฟของหม้อแปลงไฟฟ้าเข้ากับไฟบ้าน 220 โวลต์ และเปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าให้หลอดสว่าง
7. จัดกล่องแสงให้แนวแสงตกกระทบตรงกับแนวเส้นที่ขีดไว้ ทำมุมตกกระทบเท่ากับ 60° แล้วทำจุดบอกตำแหน่งตามแนวรังสีสะท้อน
8. จากนั้นเปลี่ยนมุมตกกระทบเป็น 45° แล้วทำจุดบอกตำแหน่งตามแนวรังสีสะท้อน
9. จากนั้นเปลี่ยนมุมตกกระทบเป็น 30° แล้วทำจุดบอกตำแหน่งตามแนวรังสีสะท้อน
10. ลากเส้นตามแนวที่วาดไว้ตามแนวรังสีสะท้อน แล้ววัดมุมรังสีสะท้อนตามลำดับ

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

.....

สมมติฐานในการทดลอง

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงเป็นอย่างไร

จุดประสงค์ของกิจกรรม

ทดลองและอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงของวัตถุผิวราบ

วัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรม/กลุ่ม

1. ชุดศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุกับระยะภาพ จำนวน 1 ชุด
2. หมุดปักบอร์ด 2 อัน ที่มีสีต่างกัน จำนวน 1 ชุด
3. ดินน้ำมัน จำนวน 1 ก้อน

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. นำหมุดปักบอร์ดที่เสียบบนก้อนดินน้ำมันขนาดเล็กวางบนตารางศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุกับระยะภาพด้านใดด้านหนึ่ง สังเกตลักษณะภาพของหมุดปักบอร์ดในแผ่นพลาสติก บันทึกผล

2. นำหมุดปักบอร์ดอีกอันหนึ่งวางด้านหลังแผ่นพลาสติก โดยวางให้ซ้อนทับกับภาพของหมุดปักบอร์ดอันแรก สังเกตภาพในแผ่นพลาสติก บันทึกระยะห่างจากหมุดปักบอร์ดด้านหน้าถึงผิวแผ่นพลาสติกเป็นระยะวัตถุ และระยะห่างจากผิวแผ่นพลาสติกถึงหมุดปักบอร์ดด้านหลังเป็นระยะภาพ

3. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนตำแหน่งการวางหมุดปักบอร์ดอันแรก สังเกตและบันทึกระยะวัตถุและระยะภาพ

<u>ตารางบันทึกผลการทดลอง</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

.....

.....

.....

.....

ความรู้ที่ได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

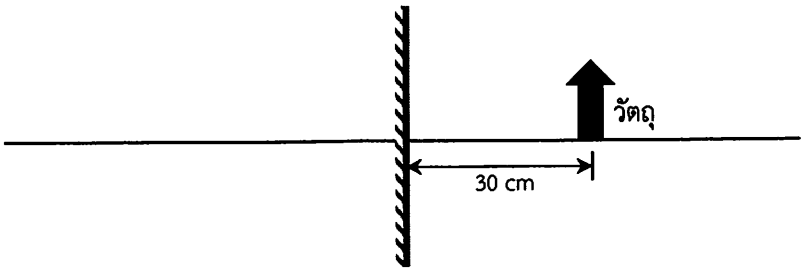
.....

.....

กิจกรรมที่ 3 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์

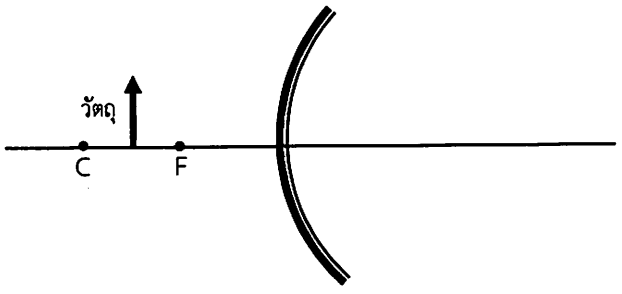
คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลอง แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้

1. จากสถานการณ์จำลองที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวราบกับผิวขรุขระ ให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาราบของวัตถุ ดังภาพ

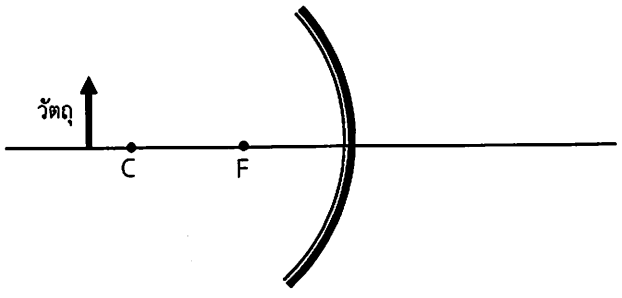


2. จากสถานการณ์จำลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงที่ตัวสะท้อนผิวโค้ง ให้นักเรียนเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาโค้งของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกในตำแหน่งดังภาพ

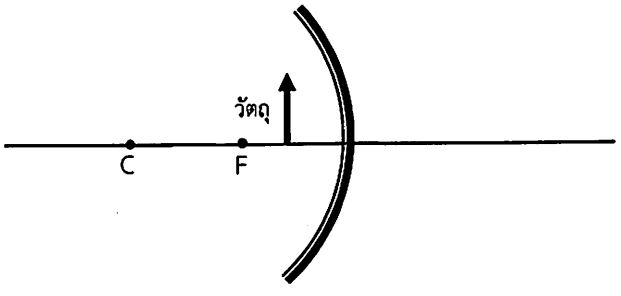
2.1



2.2

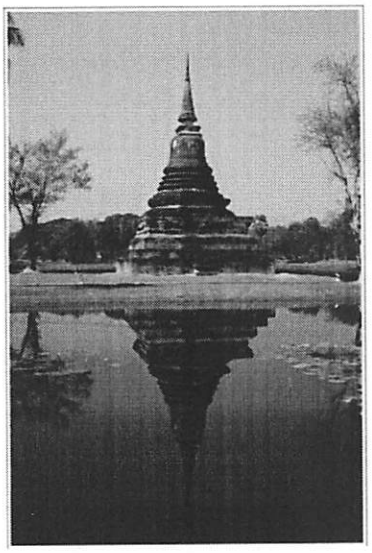


2.3



กิจกรรมที่ 4 จะทำได้ไหม ทำได้หรือเปล่า ?

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ดังภาพ จากนั้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งเขียนบรรยายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ประกอบใต้ภาพ และยกตัวอย่างสถานการณ์ในลักษณะเดียวกันมา 1 ตัวอย่าง



ที่มา:http://www.weekendhobby.com/offroad/mitsubishi/question.asp?page=6&ID=18107

แบบจำลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างสถานการณ์ในลักษณะเดียวกัน

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 6 รหัสวิชา ว23101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง การสะท้อนของแสง เวลา 4 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวณัฏยา ลิ้มวัฒนา

คำชี้แจง

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของครูและนักเรียนในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้

2. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของการสังเกตการจัดการเรียนรู้

ส่วนที่ 2 ผลการสังเกตการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะข้อคำถามที่ผู้สังเกตจะต้องเขียนตอบในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะดำเนินการสอน สภาพปัญหา และแนวทางแก้ไข

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของการสังเกตการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลลงในช่องว่างที่กำหนดให้สมบูรณ์

ชื่อผู้สังเกต .....

ตำแหน่ง ☐ ผู้วิจัย ☐ ผู้เชี่ยวชาญ

ชั่วโมงที่ 1 ขั้นตอนการสอนที่ 1 – 3

วัน/เดือน/ปี ที่สังเกต ..... เวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

สถานที่ .....

ชั่วโมงที่ 2 ขั้นตอนการสอนที่ 3 (ต่อ) – 5

วัน/เดือน/ปี ที่สังเกต ..... เวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

สถานที่ .....

ชั่วโมงที่ 3 ขั้นตอนการสอนที่ 5 (ต่อ) – 6

วัน/เดือน/ปี ที่สังเกต ..... เวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

สถานที่ .....

ชั่วโมงที่ 4 ขั้นตอนการสอนที่ 7 - 9

วัน/เดือน/ปี ที่สังเกต ..... เวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

สถานที่ .....

ส่วนที่ 2 ผลการสังเกตการจัดการเรียนรู้

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนและนักเรียนในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็นลงในข้อคำถามที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

ขั้นตอนที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบ

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้มีความน่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันหรือไม่ อย่างไร

2. เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ช่วยให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร

3. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นรายบุคคลที่แสดงการคิด สมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองเบื้องต้นที่แสดงด้วยภาพวาด

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้หรือไม่ อย่างไร

2. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การให้นักเรียนทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็น แบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยสร้าง แบบจำลองที่นำเสนอแผนการศึกษาค้นคว้าหรือการปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์และนำเสนอผลโดยสร้าง แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด หรือกราฟิก

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนสมมติฐาน และ ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบได้หรือไม่ อย่างไร

2. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อการสำรวจเชิงประจักษ์ได้หรือไม่ อย่างไร

3. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และนำเสนอผลการสำรวจเชิงประจักษ์ผ่าน การสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด หรือกราฟิกได้หรือไม่ อย่างไร

4. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น เป็นการให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบ มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้หรือไม่ อย่างไร

2. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เป็นการให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจนจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และมีอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์จำลองกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. สถานการณ์จำลองของผู้สอนมีความถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนศึกษาหรือไม่ อย่างไร

2. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถศึกษาสถานการณ์จำลองในสาระที่เรียนรู้ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจนจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ได้หรือไม่ อย่างไร

3. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์จำลองกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ อย่างไร

4. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นการให้นักเรียนนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง เพื่อสนับสนุนความสอดคล้องระหว่างข้อสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลอง มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้หรือไม่ อย่างไร

2. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน เป็นการให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคลและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีการสะท้อนผลกลับซึ่งกันและกัน

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลองเป็นรายบุคคล และอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร

2. นักเรียนแต่ละคนสามารถร่วมกันสะท้อนผลการประเมินย้อนกลับให้สมาชิกภายในกลุ่มได้หรือไม่ อย่างไร

3. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง เป็นการให้นักเรียนตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียนจากการอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันมาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน และให้นักเรียนสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติเป็นรายบุคคล

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกันของนักเรียนตัวแทนที่ออกมานำเสนอ มาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียนได้หรือไม่ อย่างไร

2. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดสำคัญของบทเรียนโดยเขียนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติเป็นรายบุคคลได้หรือไม่ อย่างไร

3. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย เป็นการให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่เป็นมติไปอธิบาย สถานการณ์ใหม่ในปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกัน

กรุณาบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็น ตามประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมของผู้สอนช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของ แสงเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดภาพจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงได้หรือไม่ อย่างไร

2. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ดำเนินการสอน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้สังเกต

(.....)

แบบวัดมโนมติหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

ชื่อ – นามสกุล ..... **ชั้น** ..... **เลขที่** .....

คำชี้แจง

1. แบบวัดมโนมตินี้ มีจำนวน 14 ข้อ แต่ละข้อแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดย

ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา มีคำตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ต้องการตอบ

ส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามให้ระบุเหตุผลของการตอบในส่วนที่ 1 โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของการเลือกตอบในส่วนที่ 1

2. นักเรียนมีเวลาทำแบบวัดมโนมติ 25 นาที

คำถามข้อที่ 1 พื้นผิวใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้

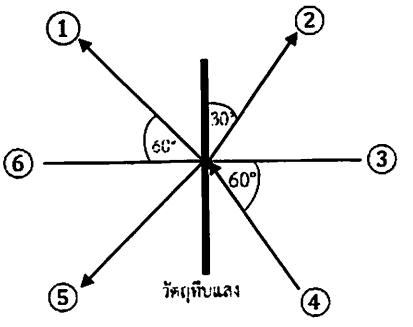
ก. ผนังกำแพง ข. กระดานไวท์บอร์ด ค. กระจกหน้าต่าง ง. ถูกทุกข้อ

เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 2 จากภาพ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก ตรงกับหมายเลขใดตามลำดับ



ก. หมายเลข ④, ②, ③ ข. หมายเลข ①, ⑤, ⑥

ค. หมายเลข ④, ①, ⑥ ง. หมายเลข ①, ②, ③

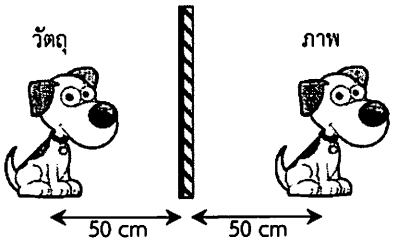
เหตุผล

.....

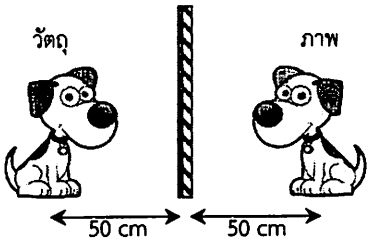
.....

คำถามข้อที่ 3 ข้อใดแสดงการเกิดภาพสะท้อนจากกระจกเงาราบได้ถูกต้อง

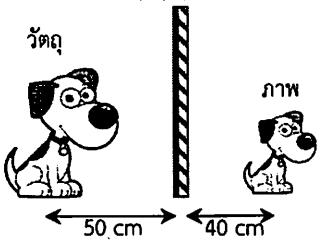
ก.



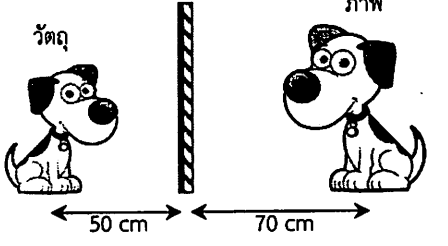
ข.



ค.



ง.

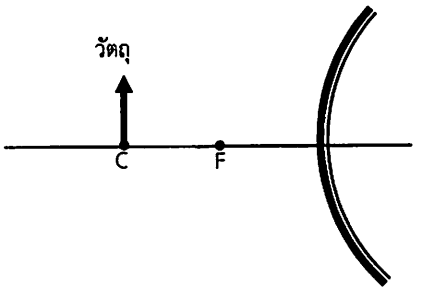


เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 4 เมื่อกำหนดให้วัตถุอยู่หน้ากระจกนูนในตำแหน่งดังภาพ จะทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะอย่างไร



ก. ภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

ข. ภาพจริง หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

ค. ภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

ง. ภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ

เหตุผล

.....

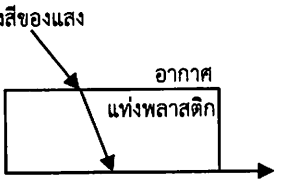
.....

คำถามข้อที่ 5 ข้อใดแสดงการเดินทางของลำแสงผ่านแท่งพลาสติกได้อย่างถูกต้อง

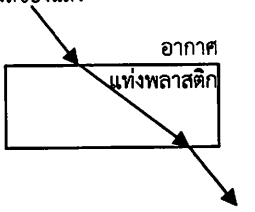
เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส = 2.00×10^8 m/s

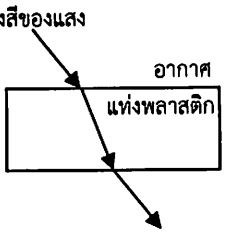
ก.



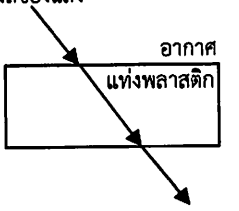
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 6 ปลามองดูแมลงปอที่อยู่เหนือหนองน้ำแห่งหนึ่ง ถ้าปลามองแมลงปอในแนวทำมุมองศากับเส้นแนวฉาก อยากทราบว่าปลาควรจะกระโดดงับแมลงปอที่ตำแหน่งใดจึงจะใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงของแมลงปอมากที่สุด

ก. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งที่เห็นภาพ

ข. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งผิวน้ำพอดี

ค. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งสูงกว่าจุดที่เห็นภาพ

ง. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งต่ำกว่าจุดที่เห็นภาพ

เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 7 ภาพใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนกลับหมดได้ หากมุมวิกฤตมีขนาดเท่ากับ 45°

เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในน้ำ = 2.26×10^8 m/s

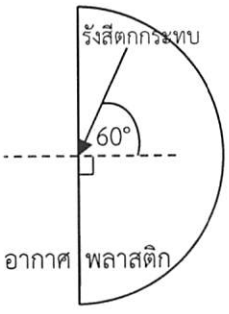
อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส = 2.00×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในแก้ว = 1.97×10^8 m/s

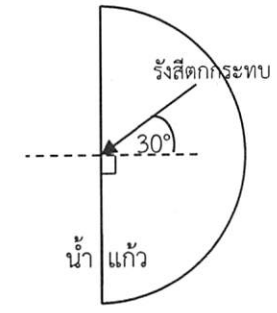
ก.

ข.

ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 8 สถานการณ์ดังภาพ ปัจจัยใด*ไม่*เกี่ยวข้องกับการมองเห็นรอยน้ำบนถนน

ก. ไอน้ำในอากาศ

ข. แสงแดด

ค. อุณหภูมิของอากาศ

ง. ความหนาแน่นของอากาศ

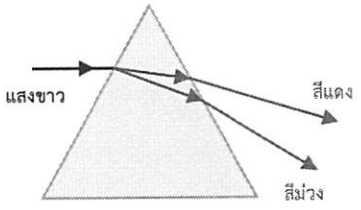
เหตุผล

.....

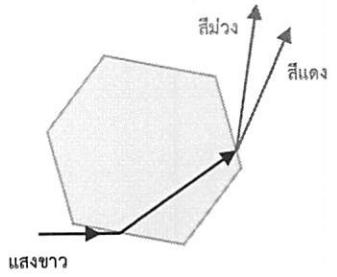
.....

คำถามข้อที่ 9 ข้อใดแสดงการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมได้ถูกต้อง

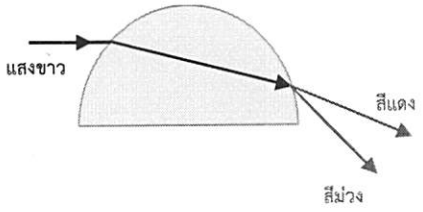
ก.



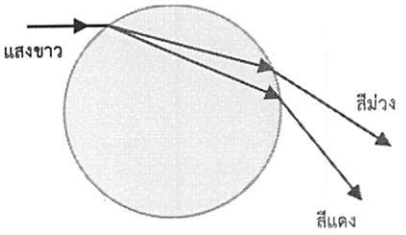
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 10 สถานการณ์การเกิดพระอาทิตย์ทรงกลดดังภาพ สามารถอธิบายด้วยหลักการเช่นเดียวกับปรากฏการณ์ใด

ก. การเกิดภาพของกระจกโค้งจราจร ข. ภาพมิราจ

ค. ความระยิบระยับของเพชรที่เจียระไนแล้ว ง. ภาพสะท้อนบนผิวน้ำ

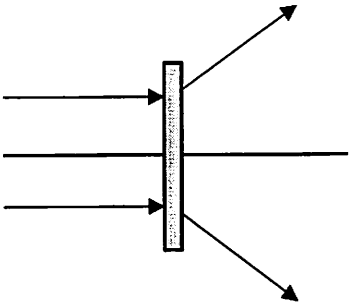
เหตุผล

.....

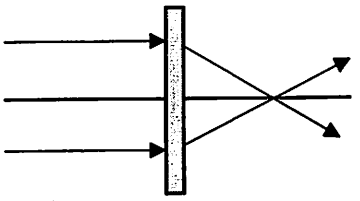
.....

คำถามข้อที่ 11 หากให้ลำแสงขนานผ่านเข้าไปในกล่องที่มีเลนส์บรรจุอยู่ภายในแล้วทำให้ลำแสงทะลุผ่านออกมา กล่องใดมีเลนส์นูนบรรจุอยู่ภายใน

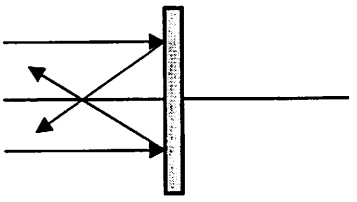
ก.



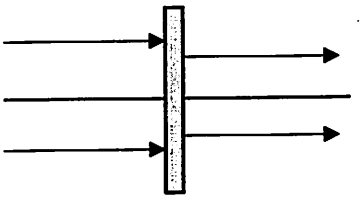
ข.



ค.



ง.



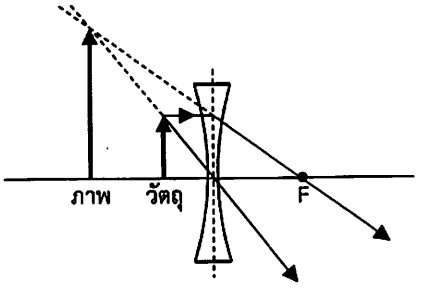
เหตุผล

.....

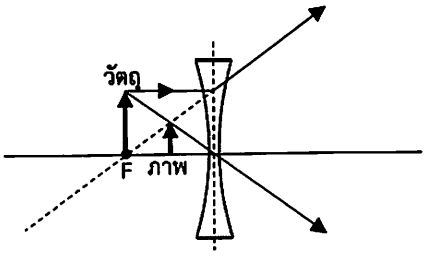
.....

คำถามข้อที่ 12 ข้อใดแสดงการเขียนภาพทางเดินของแสงผ่านเลนส์ได้ถูกต้อง

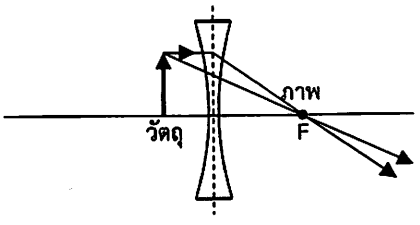
ก.



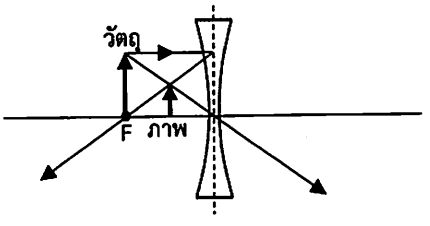
ข.



ค.



ง.

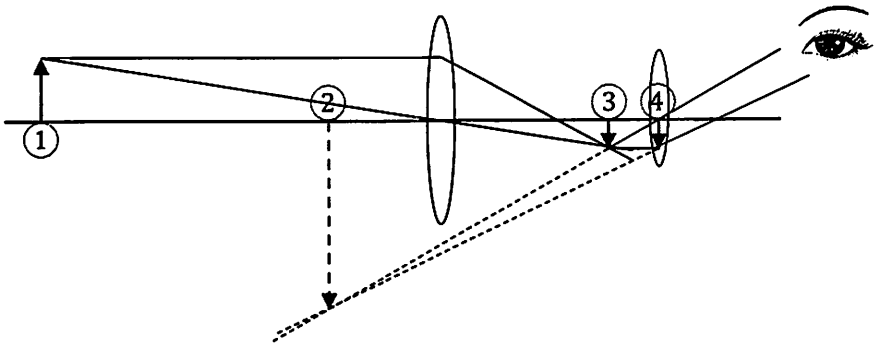


เหตุผล

.....

.....

คำถามข้อที่ 13 จากภาพจำลองแสดงการทำงานของกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย วัตถุของเลนส์ใกล้ตาตรงกับหมายเลขใด



ก. หมายเลข ① ข. หมายเลข ② ค. หมายเลข ③ ง. หมายเลข ④

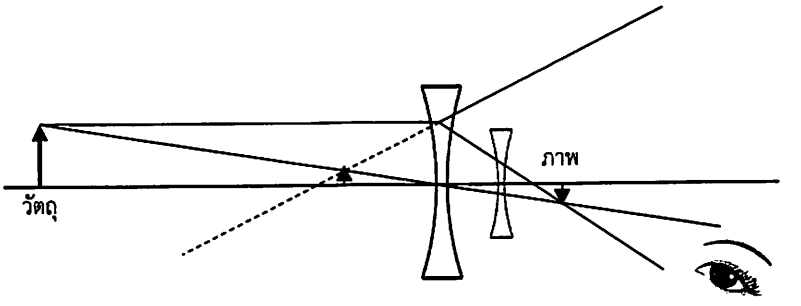
เหตุผล

.....

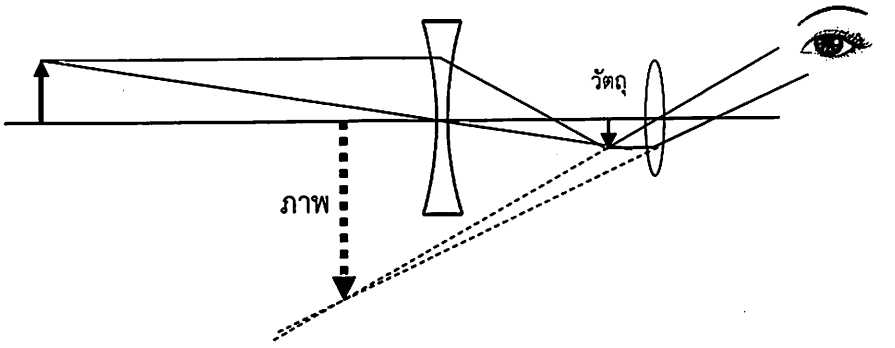
.....

คำถามข้อที่ 14 ภาพจำลองในข้อใดแสดงการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ได้ถูกต้อง

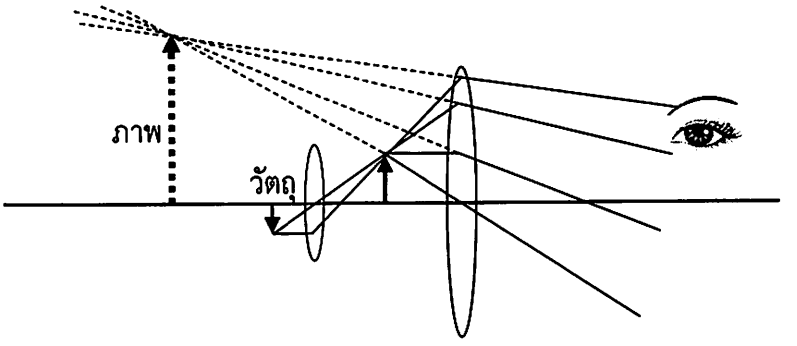
ก.



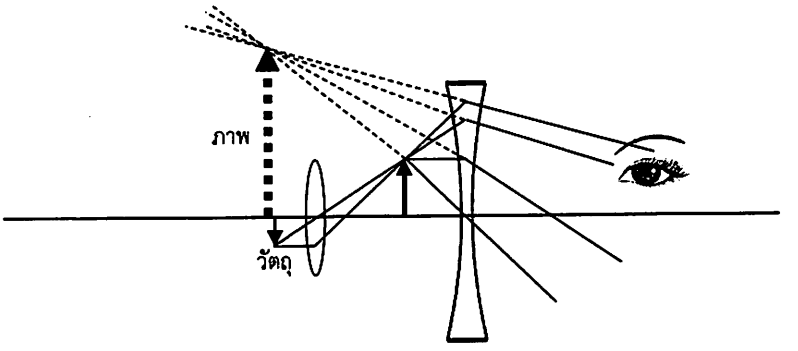
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การประเมิน
แบบวัดมโนมติหลังเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

คำถามข้อที่ 1 พื้นผิวใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนของแสงได้

ก. ผนังกำแพง ข. กระดานไวท์บอร์ด ค. กระจกหน้าต่าง ง. ถูกทุกข้อ

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ง. ถูกทุกข้อ

<u>ส่วนที่ 2</u> เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวของวัตถุทุกชนิด แสงจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง หากตกกระทบตัวสะท้อนผิวราบ รังสีสะท้อนทุกรังสีจะไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าตกกระทบตัวสะท้อนผิวขรุขระ รังสีสะท้อนจะมีทิศทางแตกต่างกันไม่เป็นระเบียบ

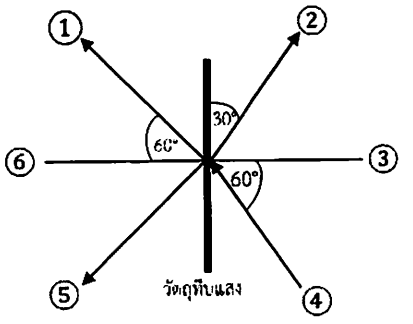
<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 แสงตกกระทบพื้นผิวของวัตถุทุกชนิด แสงจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

K2 ตัวสะท้อนผิวราบ รังสีสะท้อนทุกรังสีจะไปในทิศทางเดียวกัน

K3 ตัวสะท้อนผิวขรุขระ รังสีสะท้อนจะมีทิศทางแตกต่างกันไม่เป็นระเบียบ

คำถามข้อที่ 2 จากภาพ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก ตรงกับหมายเลขใดตามลำดับ



ก. หมายเลข ④, ②, ③ ข. หมายเลข ①, ⑤, ⑥

ค. หมายเลข ④, ①, ⑥ ง. หมายเลข ①, ②, ③

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ก. หมายเลข ④, ②, ③

<u>ส่วนที่ 2</u> จากกฎการสะท้อนของแสง รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ โดยรังสีตกกระทบจะชี้เข้าหาวัตถุ รังสีสะท้อนจะชี้ออกจาวัตถุ และเส้นแนวฉากจะทำมุมฉากกับผิววัตถุ

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

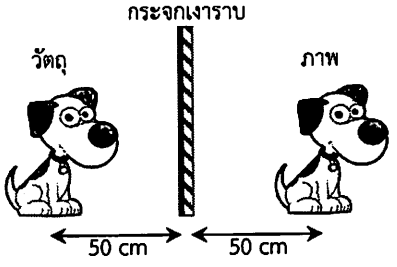
K1 รังสีตกกระทบจะชี้เข้าหาวัตถุ รังสีสะท้อนจะชี้ออกจาวัตถุ และเส้นแนวฉากจะทำมุมฉากกับผิววัตถุ

K2 รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

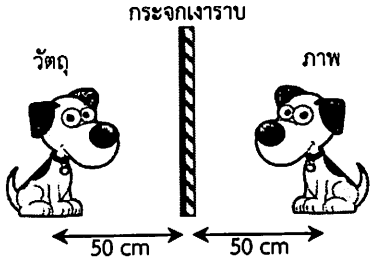
K3 มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

คำถามข้อที่ 3 ข้อใดแสดงการเกิดภาพสะท้อนจากกระจกเงาราบได้ถูกต้อง

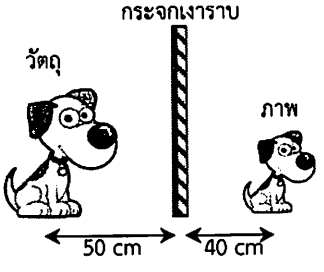
ก.



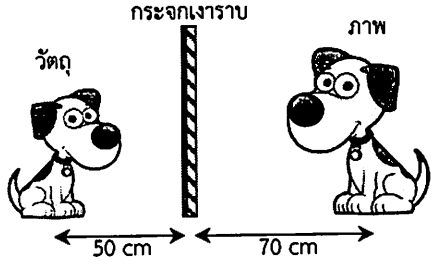
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข.

<u>ส่วนที่ 2</u> ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง กลับซ้ายขวา เกิดหลังกระจก ขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ และระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ

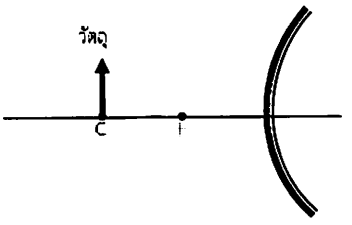
<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 ภาพเสมือนหัวตั้ง กลับซ้ายขวา เกิดหลังกระจก

K2 ขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ

K3 ระยะภาพมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ

คำถามข้อที่ 4 เมื่อกำหนดให้วัตถุอยู่หน้ากระจกนูนในตำแหน่งดังภาพ จะทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะอย่างไร



ก. ภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

ข. ภาพจริง หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

ค. ภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

ง. ภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ตอนที่ 1</u> ก. ภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

<u>ตอนที่ 2</u> หลักการสำคัญที่ใช้อธิบายการเกิดภาพจากกระจกโค้ง คือ กฎการสะท้อนของแสง โดยการเขียนแผนภาพรังสีของแสง 2 เส้น ได้แก่ เส้นที่หนึ่งรังสีของแสงที่ขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญจะสะท้อนกระจกโค้งนูนเสมือนว่าออกมาจากโฟกัสที่อยู่หลังกระจก เส้นที่สองรังสีของแสงที่มีแนวผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งด้านหลังกระจกจะสะท้อนกระจกโค้งนูนโดยย้อนกลับทางเดิม ตำแหน่งที่รังสีสะท้อนเส้นที่หนึ่งและเส้นที่สองตัดกันจะเกิดภาพ

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 เส้นที่หนึ่งรังสีของแสงที่ขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญจะสะท้อนกระจกโค้งนูนเสมือนว่าออกมาจากโฟกัสที่อยู่หลังกระจก

K2 เส้นที่สองรังสีของแสงที่มีแนวผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งด้านหลังกระจกจะสะท้อนกระจกโค้งนูนโดยย้อนกลับทางเดิม

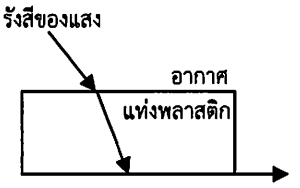
K3 ตำแหน่งที่รังสีสะท้อนเส้นที่หนึ่งและเส้นที่สองตัดกันจะเกิดภาพ

คำถามข้อที่ 5 ข้อใดแสดงการเดินทางของลำแสงผ่านแท่งพลาสติกได้อย่างถูกต้อง

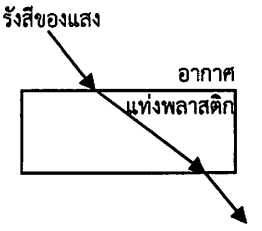
เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ $= 3.00 \times 10^8$ m/s

อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส $= 2.00 \times 10^8$ m/s

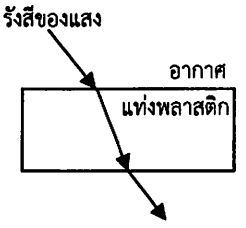
ก.



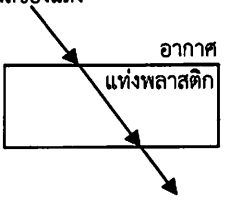
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ตอนที่ 1</u> ค.

<u>ตอนที่ 2</u> เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน จะเกิดการหักเหของแสง หากแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมากไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อย รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก แต่ถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อยไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมาก รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน จะเกิดการหักเหของแสง

K2 แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมากไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อย รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก

K3 แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงน้อยไปหาตัวกลางที่มีอัตราเร็วของแสงมาก รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก

คำถามข้อที่ 6 ปลามองดูแมลงปอที่อยู่เหนือหนองน้ำแห่งหนึ่ง ถ้าปลามองแมลงปอในแนวทำมุมองศากับเส้นแนวฉาก อยากทราบว่าปลาควรจะกระโดดงับแมลงปอที่ตำแหน่งใดจึงจะใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงของแมลงปอมากที่สุด

ก. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งที่เห็นภาพ

ข. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งผิวน้ำพอดี

ค. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งสูงกว่าจุดที่เห็นภาพ

ง. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งต่ำกว่าจุดที่เห็นภาพ

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ตอนที่ 1</u> ง. กระโดดงับแมลงปอในตำแหน่งต่ำกว่าจุดที่เห็นภาพ

<u>ตอนที่ 2</u> ปลามองเห็นแมลงปอที่บินอยู่ในอากาศเหนือผิวน้ำได้เนื่องจากมีแสงสะท้อนจากตัวแมลงปอเข้าสู่ดวงตา เมื่อแสงจากอากาศเข้าสู่น้ำ แสงจะหักเหโดยเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก ทำให้ปลามองเห็นตัวแมลงปออยู่สูงกว่าความเป็นจริง

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 แสงสะท้อนจากตัวแมลงปอเข้าสู่ดวงตา/แสงจากอากาศเข้าสู่น้ำ

K2 แสงจะหักเหโดยเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก

K3 มองเห็นแมลงปออยู่สูงกว่าความเป็นจริง

คำถามข้อที่ 7 ภาพใดต่อไปนี้ สามารถเกิดการสะท้อนกลับหมดได้ หากมุมวิกฤตมีขนาดเท่ากับ 45°

เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในอากาศ = 3.00×10^8 m/s

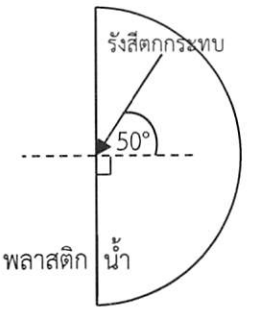
อัตราเร็วของแสงในน้ำ = 2.26×10^8 m/s

อัตราเร็วของแสงในพลาสติกใส = 2.00×10^8 m/s

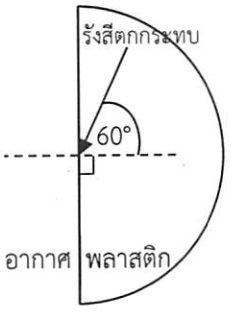
อัตราเร็วของแสงในแก้ว = 1.97×10^8 m/s

ก.

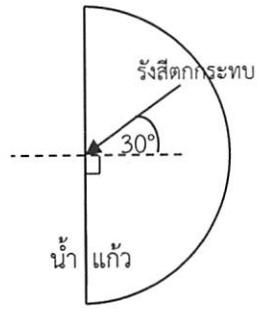
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ค.

<u>ส่วนที่ 2</u> การสะท้อนกลับหมดของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วมากกว่า โดยมุมตกกระทบมีขนาดมากกว่ามุมวิกฤติ

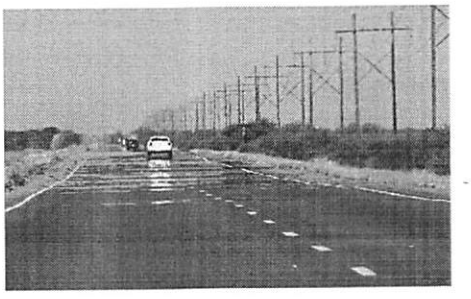
<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 แสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วน้อยกว่า/มีความหนาแน่นมากกว่า

K2 ไปยังตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วมากกว่า/มีความหนาแน่นน้อยกว่า

K3 มุมตกกระทบมีขนาดมากกว่ามุมวิกฤติ

คำถามข้อที่ 8 สถานการณ์ดังภาพ ปัจจัยใด<u>*ไม่*</u>เกี่ยวข้องกับการมองเห็นรอยน้ำบนถนน



ก. ไอน้ำในอากาศ ข. แสงแดด

ค. อุณหภูมิของอากาศ ง. ความหนาแน่นของอากาศ

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ก. ไอน้ำในอากาศ

<u>ส่วนที่ 2</u> การมองเห็นรอยน้ำบนถนน เกิดจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณใกล้พื้นถนนกับอุณหภูมิของอากาศด้านบนแตกต่างกัน ทำให้อากาศที่บริเวณใกล้พื้นถนนมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศด้านบน แสงเดินทางด้วยอัตราเร็วแตกต่างกัน ส่งผลให้แสงจากท้องฟ้า (สีฟ้า) ที่เดินทางจากอากาศด้านบนลงมาด้านล่างเกิดการหักเหที่บริเวณรอยต่อของอากาศอย่างต่อเนื่อง จนเกิดการสะท้อนกลับหมดของแสง เกิดเป็นภาพรอยน้ำบนถนน

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

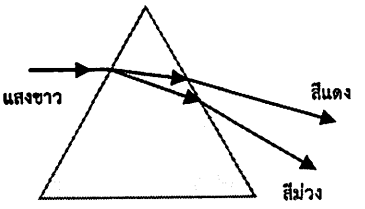
K1 อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน

K2 อัตราเร็วของแสงในอากาศแต่ละบริเวณแตกต่างกัน

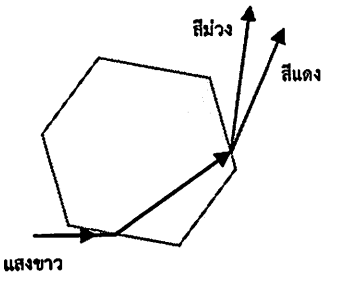
K3 การสะท้อนกลับหมดของแสง

คำถามข้อที่ 9 ข้อใดแสดงการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมได้ถูกต้อง

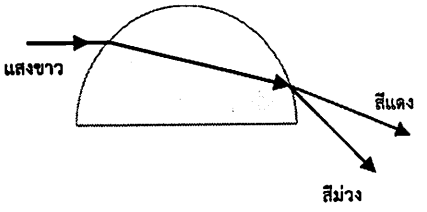
ก.



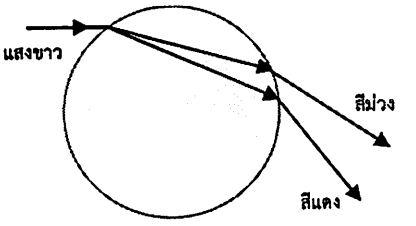
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

ส่วนที่ 1 ก.

ส่วนที่ 2 แสงขาวประกอบด้วย 7 แสงสีรวมกัน ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมจะเกิดการหักเห 2 ครั้ง กระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ และค่ามุมเบี่ยงเบนจะแปรผกผันกับความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ โดยแสงสีม่วงจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด และแสงสีแดงจะมีมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด

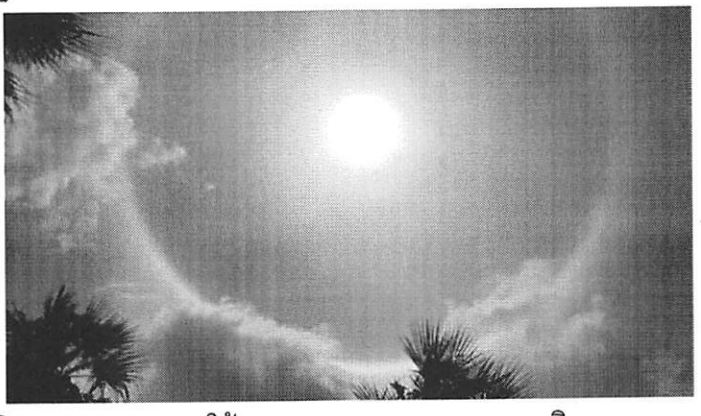
คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2

K1 แสงขาวประกอบด้วย 7 แสงสีรวมกัน ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน

K2 แสงขาวเมื่อเคลื่อนที่ผ่านปริซึมจะเกิดการหักเห 2 ครั้ง กระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ

K3 ค่ามุมเบี่ยงเบนจะแปรผกผันกับความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ/แสงสีม่วงจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด และแสงสีแดงจะมีมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด

คำถามข้อที่ 10 สถานการณ์การเกิดพระอาทิตย์ทรงกลดดังภาพ สามารถอธิบายด้วยหลักการเช่นเดียวกับปรากฏการณ์ใด



ก. การเกิดภาพของกระจกโค้งจราจร ข. ภาพมิราจ

ค. ความระยิบระยับของเพชรที่เจียระไนแล้ว ง. ภาพสะท้อนบนผิวน้ำ

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

ส่วนที่ 1 ค. ความระยิบระยับของเพชรที่เจียระไนแล้ว

<u>ส่วนที่ 2</u> ความระยิบระยับของเพชรที่เจียระไนแล้วเกิดจากแสงเคลื่อนที่ผ่านผลึกเพชร เกิดการสะท้อนกลับหมดภายใน และหักเหผ่านผลึกเพชรออกมาสู่อากาศ เกิดการกระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ เช่นเดียวกับหลักการเกิดพระอาทิตย์ทรงกลด

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

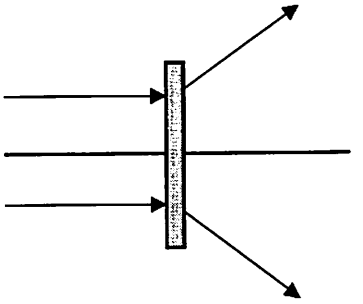
K1 แสงหักเหผ่านผลึกเพชร

K2 การสะท้อนกลับหมดภายในผลึกเพชร

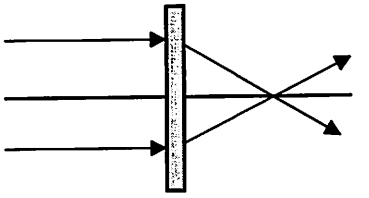
K3 การกระจายออกเป็นแสงสีต่างๆ

คำถามข้อที่ 11 หากให้ลำแสงขนานผ่านเข้าไปในกล่องที่มีเลนส์บรรจุอยู่ภายในแล้วทำให้ลำแสงทะลุผ่านออกมา กล่องใดมีเลนส์นูนบรรจุอยู่ภายใน

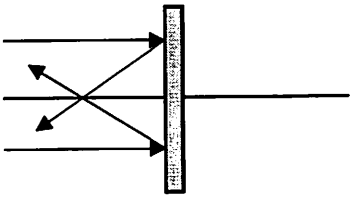
ก.



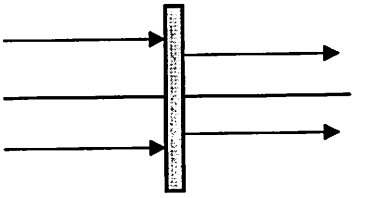
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข.

<u>ส่วนที่ 2</u> เลนส์นูนเป็นวัตถุโปร่งใส สามารถเกิดการหักเหของแสงได้ และมีสมบัติในการรวมแสง กล่าวคือ แสงขนานที่ผ่านเลนส์นูนจะหักเหมารวมกันที่จุดๆ หนึ่งหลังเลนส์นูน

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

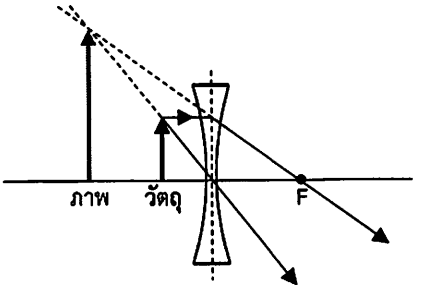
K1 เลนส์นูนเป็นวัตถุโปร่งใส แสงสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้

K2 แสงสามารถเกิดการหักเหของผ่านเลนส์ได้

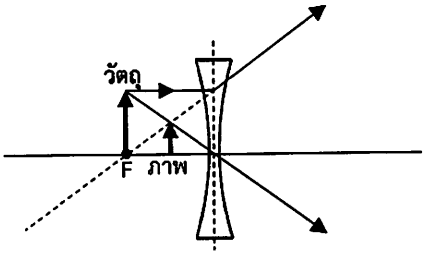
K3 แสงขนานที่ผ่านเลนส์นูนจะเกิดการหักเหของแสงมารวมกันที่จุดหนึ่งๆ หลังเลนส์

คำถามข้อที่ 12 ข้อใดแสดงการเขียนภาพทางเดินของแสงผ่านเลนส์ได้ถูกต้อง

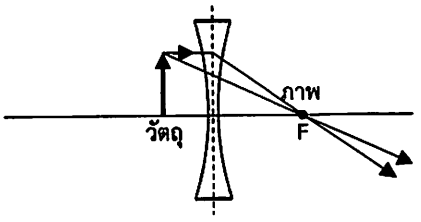
ก.



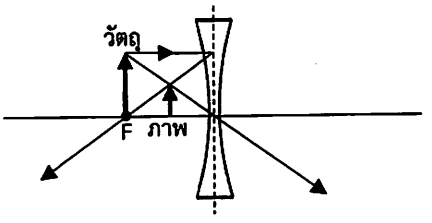
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข.

<u>ส่วนที่ 2</u> หลักการสำคัญที่ใช้อธิบายการเกิดภาพจากเลนส์ คือ หลักการหักเหของแสง โดยการเขียนแผนภาพรังสีของแสง 2 เส้น ได้แก่ เส้นที่หนึ่งมีทิศทางขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญ เกิดรังสีหักเหกระจายออก เมื่อต่อแนวรังสีหักเหจะตัดผ่านจุดโฟกัสของเลนส์เว้าซึ่งอยู่หน้าเลนส์ เส้นที่สองมีทิศทางผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์ เกิดรังสีหักเหผ่านเลนส์เป็นเส้นตรงไม่มีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ตำแหน่งที่รังสีหักเหเส้นที่หนึ่งและเส้นที่สองตัดกันจะเกิดภาพ

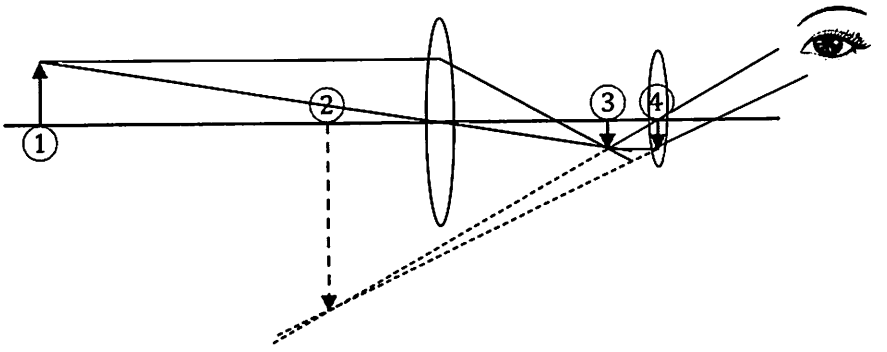
<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 เส้นที่หนึ่งมีทิศทางขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญ เกิดรังสีหักเหกระจายออก เมื่อต่อแนวรังสีหักเหจะตัดผ่านจุดโฟกัสของเลนส์เว้าซึ่งอยู่หน้าเลนส์

K2 เส้นที่สองมีทิศทางผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์ เกิดรังสีหักเหผ่านเลนส์เป็นเส้นตรงไม่มีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่

K3 ตำแหน่งที่รังสีหักเหเส้นที่หนึ่งและเส้นที่สองตัดกันจะเกิดภาพ

คำถามข้อที่ 13 จากภาพจำลองแสดงการทำงานของกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย วัตถุของเลนส์ใกล้ตาตรงกับหมายเลขใด



ก. หมายเลข ① ข. หมายเลข ② ค. หมายเลข ③ ง. หมายเลข ④

เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ค. หมายเลข ③

<u>ส่วนที่ 2</u> ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ และภาพนี้จะเสมือนเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา ทำให้เกิดภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

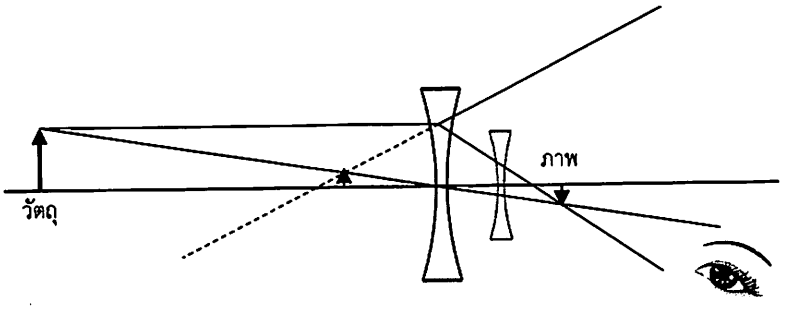
K1 ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

K2 ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุกลายเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา

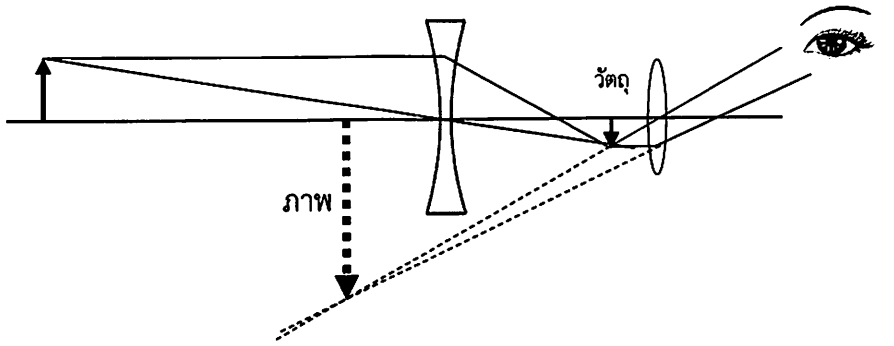
K3 ภาพจากเลนส์ใกล้ตาเป็นภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่

คำถามข้อที่ 14 ภาพจำลองในข้อใดแสดงการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ได้ถูกต้อง

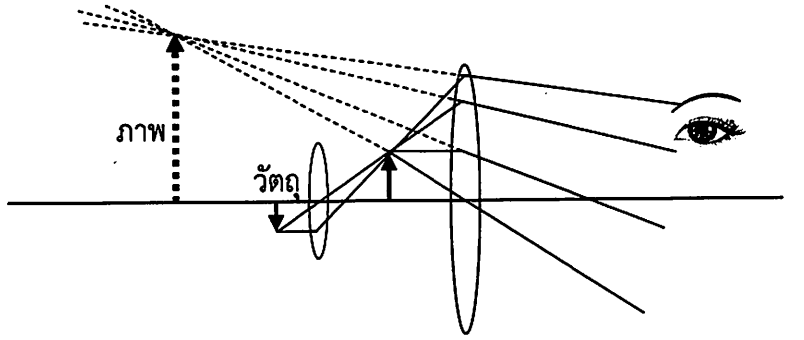
ก.



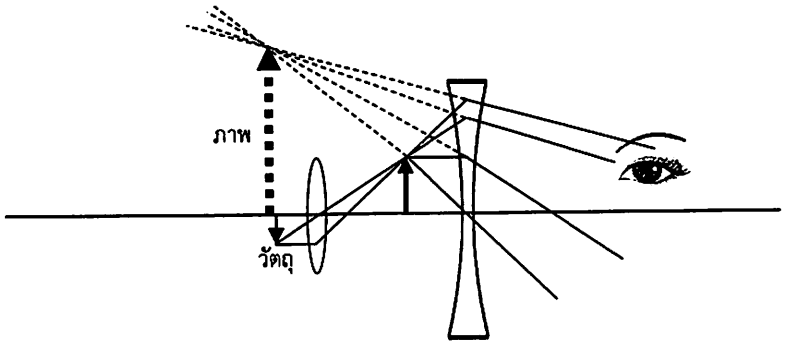
ข.



ค.



ง.



เหตุผล

.....

.....

เฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

<u>ส่วนที่ 1</u> ค. ภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

<u>ส่วนที่ 2</u> กล้องจุลทรรศน์ประกอบด้วยเลนส์นูน 2 ตัว คือ เลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ และภาพนี้จะเสมือนเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา ทำให้เกิดภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

<u>คำสำคัญในการพิจารณา (Keyword: K) สำหรับคำตอบส่วนที่ 2</u>

K1 กล้องโทรทรรศน์ประกอบด้วยเลนส์นูน 2 ตัว คือ เลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา

K2 ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุกลายเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา

K3 ภาพจากเลนส์ใกล้ตาเป็นภาพเสมือน หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

เกณฑ์การประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

โดยพิจารณาจากมโนมติของนักเรียน ดังนี้

ระดับความเข้าใจมโนมติ	คำตอบส่วนที่ 1	คำตอบส่วนที่ 2
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ มี K1 และ K2 และ K3
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ มี K1 หรือ K2 หรือ K3
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM)	ถูก/ผิด	อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ มี K1 หรือ K2 หรือ K3 และมีเหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์
กลุ่มที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM)	ถูก/ผิด	อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ไม่มีคำสำคัญที่กำหนด
กลุ่มที่ไม่มีมโนมติ (NU)	ถูก/ผิด	ไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	ณัฏยา ลิ้มวัฒนา
วัน เดือน ปี เกิด	17 กันยายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	775 ม.6 ต.ท่าตะโก อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์ 60160
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ 157 ต.พิกุล อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์ 60120
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2559 -ปัจจุบัน
	โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ 157 ต.พิกุล อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์ 60120

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2554	กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ