



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

The Development of Conception and Conceptual Transferability of Grade 11 Students
in the Topic of Light Using 7Es Learning Cycle

นามผู้วิจัย นางสาวกุลธิดา สุวัชรกุลธร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์เอกภูมิ จันทระจันดี, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์อภิชาติ พัฒนโกครัตนา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสีทงิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

The Development of Conception and Conceptual Transferability of Grade 11 Students
in the Topic of Light Using 7Es Learning Cycle

โดย

นางสาวกุลธิดา สุวัชรกุลธร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

พ.ศ. 2556

กุลธิดา สุวัชรกุลธร 2556: การพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ปรินญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์เอกภูมิ จันทระขันตี, ปร.ด. 266 หน้า

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นที่ช่วยพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 50 คน ที่เรียนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องแสง ในปีการศึกษา 2555 ของ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง อนุทินของนักเรียน ชิ้นงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังสอนของครู และวิดีโอที่บันทึกการสอน วิเคราะห์แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง โดยวิเคราะห์คำตอบและจัดกลุ่มแนวคิดเป็น 5 กลุ่ม หาค่าความถี่และคำนวณค่าร้อยละของความถี่ เปรียบเทียบก่อนและหลังเรียน วิเคราะห์แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง โดยวิเคราะห์คำตอบและจัดกลุ่มแนวคิดเป็น 5 กลุ่ม จากนั้นจับคู่ข้อคำถามจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงกับข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงที่ใช้แนวคิดเดียวกันในการแก้ปัญหา กำหนดค่าคะแนนให้แต่ละกลุ่มแนวคิด คำนวณค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด และจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเป็น 3 กลุ่ม วิเคราะห์อนุทินและชิ้นงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังสอนของครู และวิดีโอที่บันทึกการสอน โดยวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงได้ทุกแนวคิด และสามารถถ่ายโอนแนวคิดแบบไม่สมบูรณ์ได้ทุกแนวคิด โดยสามารถถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้เคียงได้ดีกว่าถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง มีลักษณะดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ควรใช้วิธีการตรวจสอบความรู้ที่หลากหลาย และควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ 2) ขั้นสร้างความสนใจ ควรใช้คำถามชักใช้ใกล้เคียงเพื่อให้เกิดความสงสัย และใช้สื่อของจริงหรือวิดีโอที่สนับสนุน 3) ขั้นสำรวจและค้นหา ควรใช้กิจกรรมการทดลองที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง 4) ขั้นอธิบาย ควรให้นักเรียนนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้หน้าชั้นเรียน หรือใช้แผนผังความคิด และควรกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน 5) ขั้นขยายความรู้ ควรให้นักเรียนนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม 6) ขั้นประเมินผล ควรใช้การประเมินที่หลากหลาย 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ ควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kuntida Suwatcharakunton 2013: The Development of Conception and Conceptual Transferability of Grade 11 Students in the Topic of Light Using 7Es Learning Cycle. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Mr. Ekgapoom Jantarakantee, Ph.D. 266 pages.

The purposes of this classroom action research were to study the development of grade 11 students' conception and students' conceptual transferability in the topic of light using 7Es learning cycle and the guideline of 7Es learning cycle about light to develop grade 11 students' conception and conceptual transferability in the topic of light. The research participants included 50 students of grade 11 who studied the light learning unit in the 2012 academic year in a large secondary school in Rayong province. The research instruments were 1) the light concept test 2) the light conceptual transferability test 3) students' journals 4) students' artifacts 5) teacher field notes and 6) video recording of teaching. The light concept test was analyzed by categorizing students' response into five groups, calculating frequency and percentage of students' conceptions, and then comparing students' conceptions between pretest and posttest. The light conceptual transferability test was analyzed by categorizing students' response into five groups, matching each question in the same concept from the light concept test and the light conceptual transferability test, calculating transfer scores and categorizing transfer scores into three groups. Other research instruments: students' journals, students' artifacts, teacher field notes and video recording of teaching were analyzed by content analysis.

The research results indicated that the students' concepts of light were improved in all topics. Most of the students could transfer the concepts with partial understanding. The students could do the near transfer better than the far transfer. The guideline of 7Es learning cycle about light to developed grade 11 students' conception and conceptual transferability in the topic of light should include the following processes;

- 1) Elicitation phase, teachers should use elicitation methods and investigate students' basic knowledge that related to the topics which they will learn
- 2) Engagement phase, teachers should use real materials, video, and series of questions to promote students' inquisitiveness,
- 3) Exploration phase, teachers should use hands-on activities
- 4) Explanation phase, teachers should ask students to create concept maps, then present and share their findings together
- 5) Elaboration phase, teachers should encourage students to apply their understanding into new situations
- 6) Evaluation phase, teachers should use various types of assessment technique and
- 7) Extension phase, teachers should provide opportunities for students to apply their understanding into daily life situations.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.เอกภูมิ จันทราชันดี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. อภิชาติ พัฒนโกครัตนา กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างเรียบร้อยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ อารยะธนิตกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมศักดิ์ เตชะโกสิต และอาจารย์สุมิตร สวนสุข ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านไปได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ และคณะกรรมการเรียนรัฐวิเทศศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กุลธิดา สุวัชรกุลธร
เมษายน 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ขอบเขตการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	8
แนวคิด	9
การถ่ายโอนแนวคิด	19
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	29
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	44
รูปแบบการวิจัย	44
กลุ่มที่ศึกษา	48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	49
การเก็บรวบรวมข้อมูล	59
การวิเคราะห์ข้อมูล	61
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	66
ตอนที่ 1 การพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน	67
ตอนที่ 2 การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่อง แสงของนักเรียน	114

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง เพื่อ พัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนว คิดเรื่องแสง	144
วิจารณ์ผลการวิจัย	170
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	179
สรุปวิธีดำเนินการวิจัย	179
สรุปผลการวิจัย	182
ข้อเสนอแนะ	185
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	187
ภาคผนวก	200
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	201
ภาคผนวก ข สรุปแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง	203
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการ เรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง	217
ภาคผนวก ง แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง	242
ภาคผนวก จ แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง	258
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	266

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้กับระดับของการสืบเสาะหาความรู้	31
2	กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้เรื่องแสง	50
3	บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	51
4	แนวคิดเรื่องแสง และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง	54
5	แนวคิดเรื่องแสง และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง	57
6	เกณฑ์ที่ใช้ในการหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด (Transfer Score)	63
7	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	67
8	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง	70
9	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหักเหของแสง	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเลนส์บาง	102
11	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	114
12	ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	117
13	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับการสะท้อนของแสง	119
14	ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง	125
15	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับการหักเหของแสง	127
16	ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการหักเหของแสง	133
17	ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับเลนส์บาง	136
18	ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับเลนส์บาง	142

สารบัญตาราง (ต่อ)

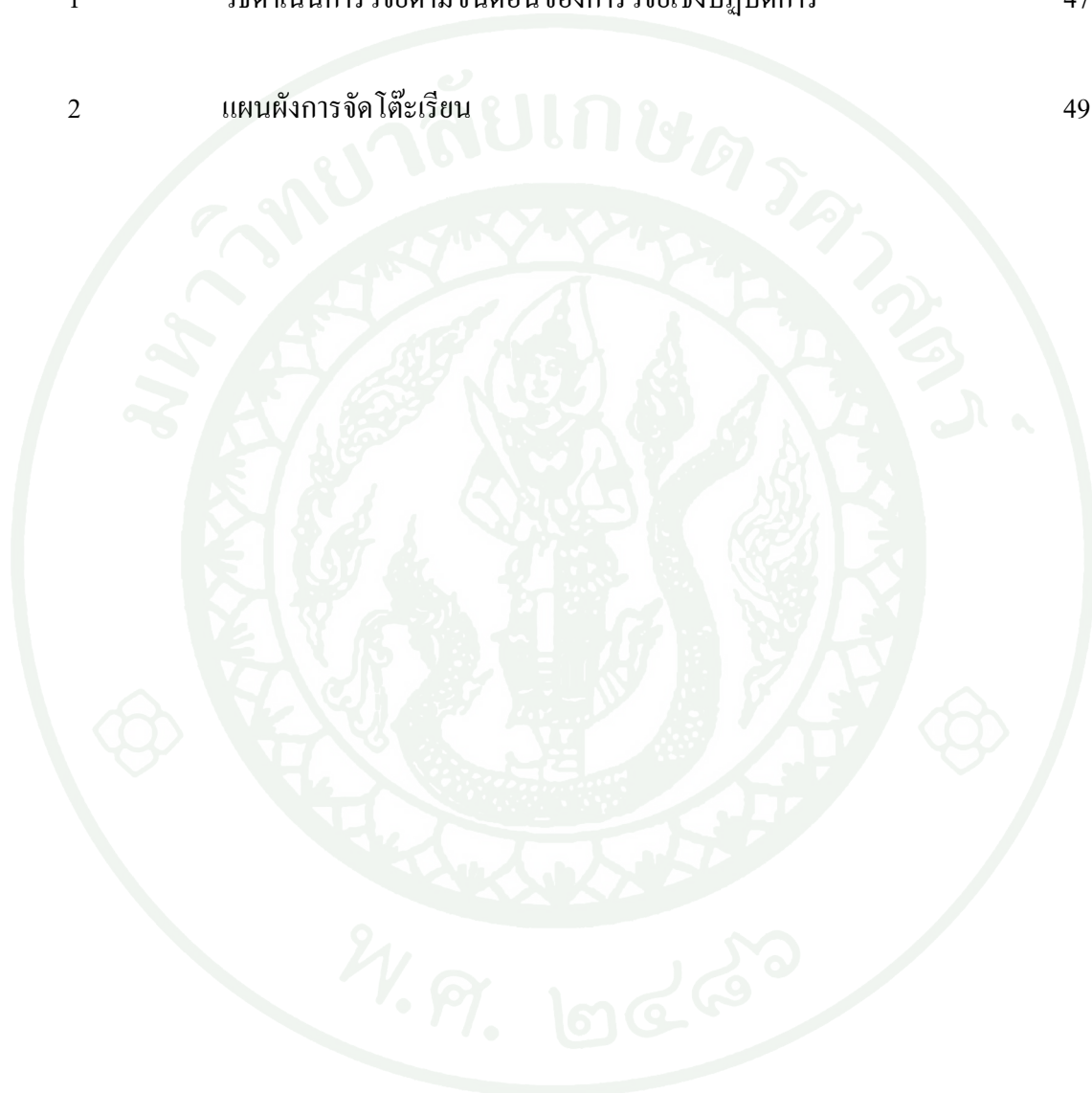
ตารางที่		หน้า
19	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	146
20	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการสะท้อนของแสง	148
21	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ	149
22	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง	151
23	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องการหักเหของแสง	153
24	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏ	155
25	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องเลนส์นูน	157

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่องเลนส์เว้า	159
ตารางผนวกที่		
1	สรุปแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง	204

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ	47
2	แผนผังการจัดโต๊ะเรียน	49



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของทุกสรรพชีวิตบนโลก แสงมีแหล่งกำเนิดทั้งตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ดวงอาทิตย์นับเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ใหญ่ที่สุดและมีความสำคัญยิ่งต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากแสงช่วยให้มนุษย์มองเห็นสิ่งต่างๆ รอบตัว นอกจากนี้ แสงจากดวงอาทิตย์ยังทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ มากมาย เช่น รุ้ง พระอาทิตย์ทรงกลด ปรากฏการณ์ภาพลวงตาที่เรียกว่า มิราจ เป็นต้น แม้ว่ามนุษย์จะคุ้นเคยกับแสงมาตั้งแต่กำเนิด แต่ส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแสง (ประยูร ฅงอินทร์, 2538; พรพันธุ์ บุ่งนาแซง, 2550; คำไพ พานูสี และวิมล สำราญวานิช, 2553; ฅรารณ ฅญุกิจ, 2553; Hubber, 2006; Keawkhong, 2008; Blizak, Chafiqi and Kendil, 2009)

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนวิชาฟิสิกส์เป็นเวลา 3 ปี จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัย พบว่า แสงเป็นเรื่องหนึ่งที่นักเรียนประสบปัญหาในการเรียนมาก จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบระหว่างเรียน แบบทดสอบปลายภาคเรียน และการตอบคำถามของนักเรียนในใบงาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า มุมตกกระทบคือมุมที่รังสีตกกระทบทำกับผิววัตถุ มุมสะท้อนคือมุมที่รังสีสะท้อนทำกับผิววัตถุ และมุมหักเหคือมุมที่รังสีหักเหทำกับผิววัตถุ ภาพที่มีลักษณะหัวตั้งเป็นภาพจริง ส่วนภาพที่มีลักษณะหัวกลับเป็นภาพเสมือน และนักเรียนไม่สามารถเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากกระจกและเลนส์บางได้ แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนดังกล่าว เกิดขึ้นเนื่องจากเนื้อหาในเรื่องแสงส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการเขียนรังสีของแสงซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง และมีเนื้อหาค่อนข้างมากและซับซ้อน (ประดับ ดันตะวาโย, 2554) ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่ผ่านมาเน้นการบรรยายเนื้อหาตามหนังสือเรียน ไม่ได้ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการท่องจำเนื้อหามากกว่าการทำความเข้าใจเนื้อหา นักเรียนจึงเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องแสงขึ้น และไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ไปใช้กับสถานการณ์อื่นๆ ที่มีความแตกต่างออกไป เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถ

เชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากสถานการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบแนวคิดคลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ธรรมชาติของแสง (คำไผ่ พานุกูลี และวิมล สำราญวานิช, 2553; Hubber, 2006) การเดินทางของแสง และอัตราเร็วแสง (ประยุทธ์ คงอินทร์, 2538; ฌราภรณ์ บุญกิจ, 2553; Blizak, Chafiqi and Kendil, 2009) การสะท้อนของแสง (ประยุทธ์ คงอินทร์, 2538; พรพันธุ์ บุ่งนาแซง, 2550; ฌราภรณ์ บุญกิจ, 2553; Blizak, Chafiqi and Kendil, 2009) การหักเหของแสง (ประยุทธ์ คงอินทร์, 2538; พรพันธุ์ บุ่งนาแซง, 2550; ฌราภรณ์ บุญกิจ, 2553; Keawkhong, 2008; Blizak, Chafiqi and Kendil, 2009) มุมวิกฤติ และการสะท้อนกลับหมด (ฌราภรณ์ บุญกิจ, 2553) การเกิดภาพ (คำไผ่ พานุกูลี และวิมล สำราญวานิช, 2553) การมองเห็น (ประยุทธ์ คงอินทร์, 2538; พรพันธุ์ บุ่งนาแซง, 2550; Blizak, Chafiqi and Kendil, 2009) ภาพจากกระจก และภาพจากเลนส์ (Galberg and Medermoot, 1986) จากปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์ และเกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง เนื่องจาก การที่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ และนักเรียนไม่สามารถนำแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปอธิบายเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้ หรือกล่าวได้ว่านักเรียนจะไม่สามารถประยุกต์ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (คำไผ่ พานุกูลี และวิมล สำราญวานิช, 2553) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน จึงจำเป็นต้องให้นักเรียนมีแนวคิดและหลักการพื้นฐานที่ถูกต้อง เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ ซึ่งถือเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาหาความรู้ และการนำความรู้ไปประยุกต์ต่อไป (ปริญดา สัตตัตถนขจร, 2549)

จากการศึกษางานวิจัยด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง เนื่องจากนักเรียนได้สืบค้นและลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง จนสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544) และยังสอดคล้องกับวรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) ที่ให้ความเห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นพื้นฐานสำคัญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น ทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้นที่นำการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนา

แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในหลายๆ หัวข้อเรื่อง เช่น เรื่องกระแสไฟฟ้า (McDermott and Shaffer, 1992; Afra, Osta and Zoubier, 2009) พลังงานไฟฟ้า (Licht, 1991) และการสะท้อนและการหักเหของแสง (Keawkhong, 2010) ผลการวิจัยดังกล่าวพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2550) นำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบาย (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) มากำหนดเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ผลการนำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ (สุนิตย์ ขอนสักร, 2551; ประภัทร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553; พิศเนตร อุทัยไชย, 2554)

ต่อมา Eisenkraft (2003) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) เป็น 7 ขั้น (7Es) โดยทำการขยายขั้นสร้างความสนใจ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) และขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) และขยายขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ได้เป็น 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2) ขั้นสร้างความสนใจ 3) ขั้นสำรวจและค้นหา 4) ขั้นอธิบาย 5) ขั้นขยายความรู้ 6) ขั้นประเมินผล และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นนี้ เริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดที่มีอยู่และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากความรู้เดิมของนักเรียนถือเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ (Hewson and Hewson, 1983; Eisenkraft, 2003) ช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้เพื่อปรับแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Eberle and Keeley, 2008) และช่วยเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดไปเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์และเกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้ (Tobin et al., 1994; Bell, 2005) นอกจากนี้ ขั้นขยายความรู้ และขั้นนำความรู้ไปใช้ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่หลากหลาย จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะในการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย จะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ (Thomas et al., 1992; Sternberg and Williams, 2002) ผลการนำการ

จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ (นัฐกานต์ ดวงพร, 2549; วิชัย มะธิปิไข, 2549; ณัฐมน เดชมา, 2555)

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มาใช้ในการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ได้หรือไม่ อย่างไร
3. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ควรมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ อย่างไร เพื่อช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและเกิดการถ่ายโอนแนวคิดในเรื่องแสง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
3. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขอบเขตการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย คือ โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาล สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2. กลุ่มที่ศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาลสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 50 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 22 คน นักเรียนหญิง 28 คน โดยความสามารถ ซึ่งเป็นนักเรียนในห้องที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ทำการสอน
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งครอบคลุม 4 แนวคิดสำคัญ คือ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ตั้งแต่เดือนมกราคม – มีนาคม 2556 โดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 20 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

แนวคิดเรื่องแสง หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนที่มีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง โดยจัดกลุ่มแนวคิดตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994) ซึ่งแบ่งกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบมีแนวคิด สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PU/SM) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ถูกต้องบางส่วน และมีแนวคิดบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

ไม่เข้าใจแนวคิด (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบอธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือไม่ตอบคำถามใดๆ

ซึ่งแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน สามารถตรวจสอบได้โดยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two tier diagnostic concept test) แบบปรนัยพร้อมเลือกเหตุผล ชี้นำงานของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน

การถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์แนวคิดที่ได้เรียนรู้ของ นักเรียน เกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และ เลนส์บาง จากสถานการณ์ในการแก้ปัญหาหนึ่ง ไปยังสถานการณ์อื่นที่มีความหลากหลาย สามารถ ตรวจสอบได้โดยใช้แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง แบบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two tier diagnostic concept test) แบบอัตนัยพร้อมเขียนอธิบายเหตุผล ชี้นำงานของนักเรียน และอนุทิน ของนักเรียน โดยศึกษาทั้งความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ (near transfer) คือ การถ่าย โอนที่เกิดจากสถานการณ์ใหม่ที่มีเงื่อนไขของความซับซ้อนคล้ายกับสถานการณ์เดิมที่เรียนในชั้น เรียน และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล (far transfer) คือ การถ่ายโอนที่เกิดจาก สถานการณ์ใหม่มีเงื่อนไขความซับซ้อนแตกต่างกับเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์เดิมที่ เรียนในชั้นเรียน และเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งแบ่งกลุ่ม ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์ (Complete Transfer: CT) หมายถึง มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) และสามารถนำแนวคิดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้โดยสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)

กลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (Partial Transfer: PT) หมายถึง มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และสามารถนำแนวคิดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้โดยสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)

กลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (No Transfer: NT) หมายถึง มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) หรือไม่เข้าใจแนวคิด (NU) หรือนำแนวคิดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ โดยมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) หรือไม่เข้าใจแนวคิด (NU)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม โดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้เกิดคำถามหรือข้อสงสัยที่จะนำไปสู่ความสนใจในการค้นคว้าหาคำตอบ แล้วจึงหาคำตอบโดยใช้วิธีการต่างๆ ตามหลักเหตุผล จนเกิดการสร้างความรู้ขึ้นด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปอธิบายสถานการณ์อื่นๆ ได้ มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้น คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2) ขั้นสร้างความสนใจ 3) ขั้นสำรวจและค้นหา 4) ขั้นอธิบาย 5) ขั้นขยายความรู้ 6) ขั้นประเมินผล และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่อง
แสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดย
ผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. แนวคิด

- 1.1 ความหมายของแนวคิด
- 1.2 การสร้างแนวคิด
- 1.3 การตรวจสอบแนวคิด
- 1.4 การจัดกลุ่มแนวคิด
- 1.5 แนวคิดเรื่องแสงในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
- 1.6 การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องแสงของนักเรียน

2. การถ่ายโอนแนวคิด

- 2.1 ความหมายของการถ่ายโอนแนวคิด
- 2.2 ประเภทของการถ่ายโอนแนวคิด
- 2.3 ทฤษฎีการถ่ายโอนแนวคิด
- 2.4 การสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิด
- 2.5 การศึกษาและพัฒนาการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

- 3.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้
- 3.2 ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้
- 3.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- 3.4 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้
- 3.5 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

แนวคิด

ความหมายของแนวคิด

ราชบัณฑิตยสถาน (2546) ได้บัญญัติคำศัพท์ “แนวคิด” เพื่อใช้แทนคำภาษาอังกฤษว่า “Concept” ซึ่งในภาษาไทยมีการใช้คำต่างๆ ซึ่งมีความหมายเดียวกัน เช่น ความคิดรวบยอด มโนคติ มโนทัศน์ มโนภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “แนวคิด”

จากความหมายของแนวคิดที่นักการศึกษาต่างๆ ได้ให้นิยามไว้นั้น สามารถจัดกลุ่มความหมายของแนวคิดหลักๆ ออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 แนวคิดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในความคิดของแต่ละบุคคล เกิดขึ้นจากการรวบรวมความรู้โดยอาศัยสิ่งที่รู้อยู่ก่อนแล้ว แล้วจึงนำมาสรุป หรือให้คำจำกัดความของสิ่งนั้นๆ (ภพเลาห์ไพบุลย์, 2540; เนตรนพิชญ์ จำปาทองเทศ, 2546; ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์, 2553; ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553)

กลุ่มที่ 2 แนวคิดเป็นความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ได้จากการสังเกต หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีลักษณะร่วมกัน แล้วทำการจัดประเภทของสิ่งเหล่านั้นไว้ด้วยกัน (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550; De Cecco, 1968)

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของแนวคิด สามารถสรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึง ความคิด ความเข้าใจในสิ่งที่เกิดจากการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งร่วมกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ของแต่ละบุคคล จนสามารถสรุป หรือให้คำจำกัดความสิ่งนั้นได้

การสร้างแนวคิด

การสร้างแนวคิดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล เมื่อบุคคลนั้นได้รับประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้ การสังเกต หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและนำประสบการณ์เดิมที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่นั้น จะทำให้บุคคลนั้นเกิดแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งนั้นขึ้น ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) (Bruning et al, 1999 อ้างใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ กล่าวว่า การสร้างความรู้หรือแนวคิดเป็นกระบวนการที่เกิดจากความขัดแย้งระหว่างประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับประสบการณ์ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) จากนั้นจึงต้องมีการปรับโครงสร้างทางปัญญาเพื่อให้เข้าสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม (Assimilation) เป็นการรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญา และเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อนหน้ากับข้อมูลใหม่ ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะสมดุล หรือสามารถสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ ประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นอาจเหมือนหรือแตกต่างไปจากประสบการณ์เดิมก็ได้ โดยการสร้างแนวคิดจะเกิดขึ้นได้ บุคคลนั้นจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วย (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540)

จาง พรายแยมแซ (ฮ้างใน ประภัทร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553) อธิบายว่า บุคคลจะเกิดแนวคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ บุคคลนั้นจะต้องมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ข้อเท็จจริง (Fact) หลักการ (Principles) และลักษณะทั่วไป (Generalization) ของเรื่องนั้นมาก่อน จากนั้นจึงเกิดการระลึกได้ (Recognize) เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะนั้น จนสามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะนั้นๆ ออกจากลักษณะอื่น และเกิดเป็นแนวคิดเรื่องนั้นๆ ขึ้น

จากการศึกษาการสร้างแนวคิด สามารถสรุปได้ว่า การสร้างแนวคิด จะเกิดขึ้นได้เมื่อบุคคลนั้นมีประสบการณ์เดิมที่ได้จากการรับรู้เรื่องนั้นๆ เมื่อได้รับประสบการณ์ใหม่ๆ มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม แล้วนำมาพิจารณาหาเหตุผล แยกแยะ และสรุปเป็นลักษณะของสิ่งนั้นๆ จนเกิดเป็นแนวคิดขึ้นได้

การตรวจสอบแนวคิด

การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ คือ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน เนื่องจากในการสร้างแนวคิดหรือความรู้นั้น นักเรียนต้องอาศัยประสบการณ์เดิมที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ดังนั้น การตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้จึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญ เช่นเดียวกันกับการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ การตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

การใช้แบบวัดแนวคิด (Concept Test)

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2552) กล่าวว่า การใช้แบบวัดแนวคิดเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบว่านักเรียนมีแนวคิดอย่างไรจากเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ โดยแบบวัดแนวคิดสามารถสร้างได้หลายรูปแบบ เช่น แบบวัดแนวคิดแบบเขียนคำตอบสั้นๆ (Short Answer) แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบคำถามปลายเปิด (Open-end Question) และแบบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (Two Tier Diagnostic Concept Test) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบแบบถูก-ผิด (True-false Items) แบบทดสอบแบบนี้มีจุดประสงค์เพื่อวัดแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ผู้ตอบจะต้องมีความสามารถในการจำแนกข้อคำถามออกมาให้ได้ว่าเป็นข้อความที่ถูกหรือผิด แบบทดสอบนี้สามารถพัฒนาได้ง่ายและรวดเร็ว แต่โอกาสที่นักเรียนจะเดาคำตอบได้ถูกต้องนั้นมีมากถึงร้อยละ 50 วิธีการลดผลของการเดาสามารถทำได้โดยการให้นักเรียนแก้ไขข้อที่ผิดให้ถูกต้อง (เขาวดี วิบูลย์ศรี, 2540)

2. แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิด (Essay Items) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบมีอิสระในการตอบคำถาม โดยใช้ภาษาที่เป็นของผู้ตอบเอง จุดประสงค์ของแบบทดสอบแบบนี้ เพื่อต้องการทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีความเข้าใจในแนวคิดนั้นอย่างไร (บุญธรรม กิจปริดาภิสุทธิ, 2542)

3. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-choice Items) เหมาะสำหรับใช้สำรวจแนวคิดทางเลือกของนักเรียน สามารถพัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์หรือคำถามปลายเปิด เพื่อให้ได้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุด แบบทดสอบแบบนี้เหมาะสำหรับการสำรวจแนวคิดของนักเรียนจำนวนมาก (จันทร์จิรา ภมรศิลป์ธรรม, 2551)

4. แบบทดสอบแบบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (Two Tier Diagnostic Concept Test) แบบทดสอบแบบนี้ใช้ในการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนที่สามารถระบุได้ว่ามีแนวคิดอย่างไร เช่น แนวคิดวิทยาศาสตร์ แนวคิดไม่สมบูรณ์ แนวคิดคลาดเคลื่อน หรือไม่มีแนวคิด แบบทดสอบนี้แบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ และส่วนที่เป็นคำถามปลายเปิดที่ใช้ในการอธิบายเหตุผลในการเลือก การสร้างตัวลงของข้อคำถามจะได้อาจมาจากการสำรวจแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน ทำให้แบบทดสอบนี้สามารถจำแนกลักษณะของแนวคิดของผู้ตอบได้ (Treagust, 2006)

การใช้แผนผังแนวคิด (Concept Mapping)

การเขียนแผนผังแนวคิดจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่างๆ ไปด้วยกันได้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540) ดังนั้น การให้นักเรียนเขียนแผนผังแนวคิด ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ โดยครูเป็นผู้กำหนดแนวคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ต้องการวัด แล้วให้นักเรียนเขียนแผนผังแนวคิดในเวลาที่กำหนด จากนั้นนำแผนผังแนวคิดของนักเรียนมาพิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การสัมภาษณ์ (Interview)

การสัมภาษณ์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาตามความคิดและภาษาของตนเอง การสัมภาษณ์ที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนมีได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (Interview about Instance) เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดตัวอย่างประกอบการสัมภาษณ์ เพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดออกมา นอกจากนี้วิธีการสัมภาษณ์อีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ คือ การสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ (Interview about Event) เป็นการสัมภาษณ์ที่มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างแต่มีความยืดหยุ่นมากกว่า เนื่องจากการให้นักเรียนแสดงแนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์ในขณะนั้นๆ (ชาตรี ฝ้ายคำดา, 2552)

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี สำหรับการศึกษาแนวคิดเรื่องแสง ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบแบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้น เพื่อให้เข้าใจแนวคิดที่แท้จริงของนักเรียน และเป็นการยืนยันว่านักเรียนเกิดแนวคิดจริง และแนวคิดนั้นจัดอยู่ในแนวคิดกลุ่มใด

การจัดกลุ่มแนวคิด

การจัดกลุ่มแนวคิดเป็นการจำแนกประเภทแนวคิดของนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ โดยนักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศได้จัดกลุ่มแนวคิดไว้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถสรุปลักษณะการจัดกลุ่มแนวคิดออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม

Marek, Eubanks and Gallaher (1990) และ Brickhouse et al.(2000) จัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 แนวคิดถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

กลุ่มที่ 2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แต่ยังอธิบายได้ไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Limited Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน และมีแนวคิดบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจในแนวคิด

การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม

Haidar and Abraham (1991); Abraham, Williamson and Westbrook (1994); Westbrook and Marek (1991); Muthkrishna, Grossen, and Miller (1993); Lumpe and Staver (1995); Atwood and Atwood (1996) และ Haidar (1997) ซึ่งจัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 แนวคิดถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding หรือ Complete Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

กลุ่มที่ 2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding หรือ Complete Explanation) หมายถึง คำตอบมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

กลุ่มที่ 3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน และมีแนวคิดบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific Misconception หรือ Complete Misunderstanding) หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 5 ไม่มีแนวคิด (No Understanding หรือ No Conception หรือ No Response) หมายถึง คำตอบอธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือไม่ตอบคำถามใดๆ

การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม

Abraham, Grzybowski, Renner and Marek (1992) ได้จัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 6 กลุ่ม ซึ่งมีลักษณะดังนี้

กลุ่มที่ 1 แนวคิดถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

กลุ่มที่ 2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

กลุ่มที่ 3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน และมีแนวคิดบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific Misconception) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 5 ไม่มีแนวคิด (No Understanding) หมายถึง คำตอบที่อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม

กลุ่มที่ 6 ไม่มีคำตอบ (No Response) หมายถึง คำตอบตอบว่าไม่ทราบ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม เนื่องจากการแบ่งระดับแนวคิดตามเกณฑ์ดังกล่าว ทำให้สามารถจัดกลุ่มของแนวคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน และให้ผลการวิจัยที่เข้าใจได้ง่าย

แนวคิดเรื่องแสงในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) กำหนดให้แนวคิดเรื่องแสงอยู่ในสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ 5 พลังงาน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6

จากการศึกษาเอกสาร หลักสูตร หนังสือเรียน และคู่มือครู สามารถสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแสง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2554) ซึ่งมีสาระสำคัญ ดังนี้

การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยอัตราเร็วประมาณ 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที การศึกษาเกี่ยวกับแสง มีการกำหนดให้เส้นตรงที่ตั้งฉากกับหน้าคลื่น มีลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแสง เรียกว่า รังสีของแสง

การสะท้อนของแสง

เมื่อแสงตกกระทบบนผิวของวัตถุ แสงจะเกิดการสะท้อน (Reflection) โดยการสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง ดังนี้

1. รังสีตกกระทบบน เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
2. มุมตกกระทบบนเท่ากับมุมสะท้อน

ถ้านำวัตถุวางหน้ากระจกเงาราบ จะเกิดภาพของวัตถุที่มีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และภาพที่เกิดขึ้นจะมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุ แต่ถ้านำวัตถุวางหน้ากระจกเงาโค้ง ภาพที่เกิดขึ้นจะมีระยะวัตถุ s ระยะภาพ s' และความยาวโฟกัส f สัมพันธ์กันตามสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ และภาพที่เกิดขึ้นจะมีทั้งขนาดของภาพใหญ่กว่าขนาดของวัตถุ มีขนาดเท่ากับขนาดของวัตถุ และมีขนาดเล็กกว่าขนาดของวัตถุ

การหักเหของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางคู่หนึ่งๆ จะเกิดการหักเหของแสง (Refraction) ซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
2. สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบในตัวกลางหนึ่งกับไซน์ของมุมหักเหในตัวกลางหนึ่งมีค่าคงตัวเสมอ ซึ่งเรียกว่า กฎของสเนลล์

เมื่อแสงจากตัวกลางหนึ่งผ่านเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยกว่า มุมตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้งสอง ที่ทำให้มุมหักเหเท่ากับ 90 องศา จะเรียกว่า มุมวิกฤต และถ้ามุมตกกระทบมีค่าใหญ่กว่ามุมวิกฤต จะไม่มีรังสีหักเห แต่จะมีรังสีสะท้อน เรียกว่า ปรากฏการณ์นี้ว่าการสะท้อนกลับหมด (Total Reflection)

ในการมองวัตถุที่อยู่ในน้ำ จะพบว่าวัตถุที่เห็นอยู่ตื้นกว่าเดิม เนื่องจากการหักเหของแสง ในปรากฏการณ์นี้ ตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า ความลึกจริง ส่วนตำแหน่งภาพ เรียกว่า ความลึกปรากฏ

เลนส์บาง

เมื่อนำวัตถุวางหน้าเลนส์บาง ภาพที่เกิดขึ้นจะมีระยะวัตถุ s ระยะภาพ s' และความยาวโฟกัส f สัมพันธ์กันตามสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ และภาพที่เกิดขึ้นจะมีขนาดภาพ y' สัมพันธ์กับขนาดวัตถุ y ตามสมการ $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องแสงของนักเรียน

แนวคิดเดิมของนักเรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการสร้างแนวคิดทางเลือกหรือแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Hewson and Hewson, 1983) ดังนั้น ก่อนจัดการเรียนรู้ ครูควรตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียนก่อน จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักการศึกษาทำการตรวจสอบแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนไว้เป็นจำนวนมาก ดังนี้

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ศึกษาแนวคิดเรื่องแสง ในหัวข้อ 1) การเดินทางของแสง 2) การสะท้อนของแสง 3) การหักเหของแสง และ 4) มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม จำนวน 38 คน โดยใช้แบบสอบถามแบบคำถามปลายเปิด และการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ จากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีแนวคิดหลากหลายในแต่ละเรื่องที่ทำการศึกษา ดังนี้ 1) การเดินทางของแสง นักเรียนมีแนวคิด คือ แสงเป็นอนุภาคเคลื่อนที่เหมือนของเหลว แสงเป็นคลื่นเดินทางเป็นเส้นตรง และแสงเป็นอนุภาคเคลื่อนที่แบบหมุน 2) การสะท้อนของแสง นักเรียนมีแนวคิด คือ แสงย้อนกลับตัวกลางเดิมเมื่อกระทบวัตถุทึบแสงที่มีความเงาและเรียบเท่านั้น และเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง แสงย้อนกลับตัวกลางเดิมเมื่อกระทบวัตถุทึบแสงและเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง 3) การหักเหของแสง นักเรียนมีแนวคิด คือ แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ทำให้ทิศทางของแสงเปลี่ยน ทิศทางรังสีหักเหของแสงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวกลางที่แสงเคลื่อนที่ผ่านและขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน 4) มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด นักเรียนมีแนวคิด คือ มุมหักเหเท่ากับ 90 องศา เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีค่าความหนาแน่นน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าความหนาแน่นมาก ผลรวมระหว่างมุมตกกระทบและมุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีค่าความหนาแน่นน้อยไปยังตัวกลางที่ค่าความหนาแน่นมาก การสะท้อนกลับหมด คือ ปรากฏการณ์หักเห และปรากฏการณ์การเกิดมุมวิกฤต

คำไพบ พานสี และวิมล สำราญวานิช (2553) สำรวจแนวคิดทางเลือกก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีการทำนาย - การสังเกต - การอธิบาย (Predict-Observe-Explain (POE)) เรื่องแสงและการเกิดภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 จำนวน 22 คน โดยใช้แบบวัดแนวคิดทางเลือกเรื่องแสงและการเกิดภาพ และการสัมภาษณ์ นักเรียนเพิ่มเติม จากการศึกษาพบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธี POE นักเรียนมีแนวคิดเรื่องแสง ในหัวข้อการสะท้อนของแสง 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแนวคิดที่ 1 นักเรียนมีแนวคิดว่า “มุมตกกระทบมีขนาดเท่ากับมุมสะท้อน” กลุ่มแนวคิดที่ 2 นักเรียนมีแนวคิดว่า “มุมกระทบมีขนาดโตกว่า

มุมสะท้อน” กลุ่มแนวคิดที่ 3 นักเรียนมีแนวคิด “มุมตกกระทบมีขนาดเล็กกว่ามุมสะท้อน” กลุ่มแนวคิดที่ 4 นักเรียนมีแนวคิด “มุมตกกระทบ คือ มุมระหว่างรังสีตกกระทบกับผิววัตถุ และมุมสะท้อน คือ มุมระหว่างรังสีสะท้อนกับผิววัตถุ และมุมตกกระทบมีขนาดเล็กกว่ามุมสะท้อน” และมีแนวคิดเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแนวคิดที่ 1 นักเรียนมีแนวคิด “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบนั้นเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพมีขนาดเท่ากับขนาดของวัตถุ” กลุ่มแนวคิดที่ 2 นักเรียนมีแนวคิด “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบนั้นเป็นภาพจริง หัวตั้ง ขนาดของภาพที่เกิดขึ้นนั้นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของวัตถุ” กลุ่มแนวคิดที่ 3 นักเรียนมีแนวคิด “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบนั้นเป็นได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ขนาดของภาพนั้นมีขนาดเท่ากับขนาดของวัตถุ” และหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดทางเลือกด้วยวิธี POE นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 มีการพัฒนาแนวคิดทางเลือกไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีแนวคิดเรื่องแสงในหัวข้อการสะท้อนของแสง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแนวคิดที่ 1 นักเรียนมีแนวคิด “มุมตกกระทบที่แสงตกกระทบวัตถุมีขนาดเท่ากับมุมสะท้อน” กลุ่มแนวคิดที่ 2 นักเรียนมีแนวคิด “มุมตกกระทบที่แสงตกกระทบวัตถุมีขนาดเล็กกว่ามุมสะท้อน” และมีแนวคิดเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแนวคิดที่ 1 นักเรียนมีแนวคิด “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบนั้นเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดของภาพมีขนาดเท่ากับขนาดของวัตถุ” กลุ่มแนวคิดที่ 2 นักเรียนมีแนวคิด “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบนั้นเป็นภาพจริง หัวตั้ง ขนาดของภาพที่เกิดขึ้นนั้นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของวัตถุ”

Keawkhong (2008) ดำเนินการวิจัยแนวคิดเรื่องการหักเหของแสงของนักเรียนไทย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 จำนวน 261 คน โดยใช้แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิด ให้นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงรังสีของแสงและตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้น เมื่อวางวัตถุไว้ได้น้ำ จากผลการศึกษาสามารถจัดกลุ่มของคำตอบที่ได้รับ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาถึงความเข้าใจในหลักการเกิดภาพ และหลักการหักเหของแสง ออกได้เป็น 7 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ขาดความเข้าใจในหลักการเกิดภาพ ที่กล่าวว่า วัตถุที่ตามองเห็น เกิดขึ้นจากแสงไปตกกระทบที่พื้นผิวของวัตถุ และเดินทางมายังตาของเรา คิดเป็นร้อยละ 47 กลุ่มที่ 2 ขาดความเข้าใจในหลักการหักเหของแสง ที่กล่าวว่า เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน บริเวณรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด แสงจะเกิดการหักเห คิดเป็นร้อยละ 18 กลุ่มที่ 3 ขาดความเข้าใจในหลักการหักเหของแสง ที่กล่าวว่า เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อย แสงจะเกิดการหักเห โดยมุมตกกระทบจะมีค่าน้อยกว่ามุมหักเห คิดเป็นร้อยละ 47 กลุ่มที่ 4 ไม่ทราบคำตอบของปัญหา (นักเรียนเขียนคำตอบว่า “ไม่ทราบคำตอบ”) คิดเป็นร้อยละ 8 กลุ่มที่ 5 ไม่ตอบคำถาม (นักเรียนไม่ได้เขียนคำตอบใดๆ) คิดเป็นร้อยละ 5 กลุ่มที่ 6 ตอบคำถามโดยไม่ใช้แผนภาพรังสีของแสง (บอกตำแหน่ง

ของภาพที่เกิด แต่ไม่อธิบายรังสีของแสง) คิดเป็นร้อยละ 8 กลุ่มที่ 7 อื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 14 จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในหลักการเกิดภาพและหลักการหักเหของแสง จึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการตรวจสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแสงของนักเรียนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิด การใช้สถานการณ์ที่เป็นภาพตัวอย่าง และการสัมภาษณ์ การจะเลือกใช้วิธีการใดในการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนนั้น ควรเลือกให้เหมาะสมกับนักเรียน และบทเรียนเรื่องนั้นๆ

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน พบว่า ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาในเรื่องนี้ไม่มากนัก โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นแบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด ร่วมกับการสัมภาษณ์ และจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การศึกษาแนวคิดเรื่องแสง โดยส่วนใหญ่ทำการศึกษาในหัวข้อธรรมชาติของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง การเกิดภาพ และการมองเห็น แต่ยังไม่มีการศึกษาแนวคิดเรื่องเลนส์บาง ซึ่งเป็นแนวคิดที่ประยุกต์มาจากแนวคิดเรื่องการหักเหของแสง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวคิดของนักเรียนเรื่องแสง ในหัวข้อ 1) การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง 2) การสะท้อนของแสง 3) การหักเหของแสง และ 4) เลนส์บาง โดยใช้แบบวัดแนวคิด เรื่องแสง แบบวินิจัย ตัวเลือกสองลำดับขั้น มาตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนร่วมกับการใช้ใบกิจกรรม และอนุทินบันทึกการเรียนรู้

การถ่ายโอนแนวคิด

ความหมายของการถ่ายโอนแนวคิด

การถ่ายโอนแนวคิด เป็นคำศัพท์ที่มาจากคำภาษาอังกฤษว่า Transfer of Learning จากการศึกษาพบว่า นักการศึกษามีการใช้คำต่างๆ ซึ่งมีความหมายเดียวกัน เช่น การถ่ายโอนการเรียนรู้ การถ่ายโยงความรู้ การถ่ายโยงการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “การถ่ายโอนแนวคิด”

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการถ่ายโอนแนวคิดไว้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 การถ่ายโอนแนวคิด เป็นการนำความรู้และทักษะจากการเรียนรู้ในสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีบริบทแตกต่างกันออกไป (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา, 2542; วิทยาธรรม วงษ์สุวรรณคงเฝ้า, 2548; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550; ปราณี อ่อนศรี, 2552; สุชาติ วัฒนชัย, 2553; จิราภรณ์ หนูสวัสดิ์, 2554; Gagné, 1977; Perkins, 1992; Hunter, 1995; Merrienboer, 1997; Sternberg and Williams, 2002)

กลุ่มที่ 2 การถ่ายโอนแนวคิด เป็นผลมาจากการเรียนรู้ในสถานการณ์หนึ่งและมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ในสถานการณ์อื่น หรือกล่าวได้ว่า การเรียนรู้ก่อนหน้ามีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ในครั้งต่อไป (เอนกกุล กริแสง, 2522; อารี พันธุ์มณี, 2538; โฉมิต จตุรัสวัฒนากุล, 2543; Hilgard et al., 1975; Marini and Genereux, 1995; Woolfolk, 1995; Bigge, 1999)

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการถ่ายโอนแนวคิด สามารถสรุปได้ว่า การถ่ายโอนแนวคิด หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่มีบริบทต่างกัน โดยการบูรณาการความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่เพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้น

ประเภทของการถ่ายโอนแนวคิด

ประเภทของการถ่ายโอนแนวคิดที่มีผู้ศึกษาไว้ สามารถสรุปได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

การถ่ายโอนทั่วไปและการถ่ายโอนเฉพาะ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550; Royer, 1979)

การถ่ายโอนทั่วไป (General Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่ไม่จำเป็นต้องเกิดในสถานการณ์เฉพาะหรือสถานการณ์ที่มีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน เป็นการถ่ายโอนที่เกิดขึ้นเนื่องจากนักเรียนสามารถนำวิธีการ หรือหลักการไปใช้ในสภาพทั่วไป การถ่ายโอนประเภทนี้จะรวมถึงการถ่ายโอนด้านความรู้สึกและเจตคติด้วย

การถ่ายโอนเฉพาะ (Specific Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เกิดขึ้นเนื่องจากสถานการณ์ใหม่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม แต่ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มีเพียงองค์ประกอบสำคัญร่วมกันก็สามารถเกิดการถ่ายโอนได้

การถ่ายโอนแนวตั้งและการถ่ายโอนแนวนอน (Gagné, 1977; Joyce and Weil, 1986)

การถ่ายโอนแนวตั้ง (Vertical Transfer) เป็นการถ่ายโอนระหว่างการเรียนรู้ที่ต้องใช้ทักษะในระดับพื้นฐานกับการเรียนรู้ที่ต้องใช้ทักษะในระดับสูง

การถ่ายโอนแนวนอน (Horizontal Transfer) เป็นการถ่ายโอนความรู้ที่ได้จากเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนในระดับเดียวกับสถานการณ์เก่า

การถ่ายโอนแบบอธิบายและการถ่ายโอนแบบกระบวนการ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550)

การถ่ายโอนแบบอธิบาย (Declarative Transfer) เป็นการถ่ายโอนการรู้คิดที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ที่นักเรียนเรียนด้วยความเข้าใจ เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ที่มีความหมาย

การถ่ายโอนแบบกระบวนการ (Procedural Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เกิดจากการที่นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการทั่วไป และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

การถ่ายโอนทางบวกและการถ่ายโอนทางลบ (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา, 2542; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550; Hilgard, Atkinson and Atkinson, 1975)

การถ่ายโอนทางบวก (Positive Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เกิดจากการเรียนรู้ในอดีตช่วยให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ที่สามารถเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น เป็นการถ่ายโอนที่รวมทั้งการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาและทักษะกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

การถ่ายโอนทางลบ (Negative Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เป็นการจัดขวางไม่ให้เกิดการเรียนรู้ เป็นผลจากการเรียนรู้ในอดีตขัดแย้งกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่ ทำให้การเรียนรู้สิ่งใหม่เกิดได้ยากขึ้น

การถ่ายโอนอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนอย่างไกล (Hudgins, 1977)

การถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด (Near Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เกิดจากสถานการณ์ใหม่ที่มีเงื่อนไขของความซับซ้อนคล้ายกับเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์เดิม

การถ่ายโอนอย่างไกล (Far Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เกิดจากสถานการณ์ใหม่มีเงื่อนไขความซับซ้อนแตกต่างกับเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์เดิมมากกว่าการถ่ายโอนอย่างใกล้

จากการแบ่งประเภทของการถ่ายโอนแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า การถ่ายโอนเฉพาะ การถ่ายโอนแนวนอน และการถ่ายโอนอย่างใกล้ เป็นการถ่ายโอนที่เกิดจากการนำความรู้เดิมจากสถานการณ์ก่อนหน้าไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม ซึ่งถือเป็นการถ่ายโอนที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก ส่วนการถ่ายโอนทั่วไป การถ่ายโอนแนวตั้ง และการถ่ายโอนอย่างไกล เป็นการถ่ายโอนที่มีการนำความรู้หรือทักษะพื้นฐานไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า การถ่ายโอนแนวคิด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การถ่ายโอนแนวคิดที่ไม่มีความซับซ้อน และการถ่ายโอนแนวคิดที่มีความซับซ้อน โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน โดยศึกษาเฉพาะการถ่ายโอนอย่างใกล้ และการถ่ายโอนอย่างไกลเท่านั้น

ทฤษฎีการถ่ายโอนแนวคิด

มีทฤษฎีที่อธิบายถึงการเกิดการถ่ายโอนแนวคิดหลายทฤษฎี การเรียนรู้ทฤษฎีเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับวิธีการสอนที่จะทำให้การการเรียนรู้และเกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้ดียิ่งขึ้น สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2550) และ Klausmeier and Ripple (1985) อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีการถ่ายโอนแนวคิดไว้โดยสรุปได้ ดังนี้

1. **ทฤษฎีองค์ประกอบเหมือน (Identical-Elements Theory)** ในปี 1913 Thorndike ได้เสนอทฤษฎีนี้ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการถ่ายโอนว่า การถ่ายโอนเกิดขึ้นจากสถานการณ์สองสถานการณ์ที่มีองค์ประกอบ ได้แก่ ข้อเท็จจริงเฉพาะ และทักษะเฉพาะที่มีความเหมือนกัน โดยถ้านักเรียนเรียนรู้จนมีความแตกฉานในเรื่องข้อเท็จจริงจะสามารถนำการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เป็นข้อเท็จจริงอย่างเดียวกันได้ โดยทฤษฎีนี้ชี้ให้เห็นถึงการฝึกหัดเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่สถานการณ์นอกโรงเรียนได้ หรือกล่าวได้ว่า การสอนความรู้และทักษะในโรงเรียนที่เหมือนกับสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันนอกโรงเรียนจะทำให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้

2. **ทฤษฎีทั่วๆไป (Generalization Theory)** ทฤษฎีนี้ถูกคิดค้นโดย Judd ในปี 1908 เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า การเรียนรู้หลักการจะช่วยเอื้อให้เกิดการเรียนรู้ในสถานการณ์อื่นๆ ที่มีความ

คล้ายคลึงกันได้ โดย Judd ได้ทำการทดลองโดยให้เด็กชายสองกลุ่มปาลูกดอกใส่เป้าที่วางไว้ได้ถาดน้ำ กลุ่มหนึ่งได้รับการอธิบายเกี่ยวกับหลักการหักเหของแสง แต่อีกกลุ่มไม่ได้รับคำอธิบายใดๆ ทั้งสองกลุ่มได้ฝึกการปาลูกดอกให้ถูกเป้าที่อยู่ใต้น้ำ จนกระทั่งเกิดความชำนาญ หลังจากนั้นได้เปลี่ยนตำแหน่งของเป้า ปรากฏว่ากลุ่มที่ได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับหลักการหักเหของแสงปาลูกดอกได้ถูกเป้ามากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับคำอธิบาย จากการทดลองนี้ Judd ได้สรุปว่า การเข้าใจหลักการหักเหของแสงเอื้อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ หรือเกิดการถ่ายโอนแนวคิดนั่นเอง

3. ทฤษฎีการประเมินผลข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกัน (The Similarity of Information Processing Theory) ทฤษฎีนี้อธิบายถึงความสามารถในการถ่ายโอนบนพื้นฐานของกระบวนการในการประมวลผลของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการเรียนรู้ของงานสองชิ้นที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 ชนิด คือ 1) การระลึกได้ของข้อมูล ข้อเท็จจริง แนวคิด และหลักการของงานชิ้นแรก 2) การใช้ความสามารถเฉพาะที่ได้รับจากการเรียนรู้ในงานชิ้นแรก 3) การใช้ความสามารถทั่วไปที่ได้รับการพัฒนาจากการเรียนรู้ในงานชิ้นแรก 4) ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ในงานชิ้นที่สอง โดยสององค์ประกอบแรกจะช่วยให้เกิดการถ่ายโอนทางบวก ส่วนสององค์ประกอบสุดท้ายช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ในงานชิ้นที่สอง ดังนั้น ตามทฤษฎีนี้การเรียนการสอนจะต้องประกอบด้วยงานสองชิ้น โดยเริ่มจากการมีความเข้าใจในแนวคิดหรือหลักการก่อนลงมือปฏิบัติงานในชิ้นแรก หลังจากนั้นจึงให้งานชิ้นที่สองที่แตกต่างจากงานชิ้นแรก โดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้พื้นฐานจากงานชิ้นแรกมาปฏิบัติงานในชิ้นที่สองให้สำเร็จ และเกิดเป็นความรู้ใหม่จากการปฏิบัติงานชิ้นที่สอง

การสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิด

การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนนั้น ครูควรเน้นให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิด เนื่องจากในยุคปัจจุบันการเรียนรู้เพื่อนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันถือเป็นเรื่องจำเป็นมากกว่าการเรียนรู้เพื่อรู้เพียงอย่างเดียว สำหรับวิธีการสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิดนั้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ ดังนี้

Thomas, Anderson, Getahun, and Cooke (1992) ได้เสนอหลักการสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิด ไว้ดังนี้

1. การสอนที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิด จะต้องให้ความสำคัญกับหลักสูตร และสอนในสิ่งที่ปัญหาที่มีความหมายต่อนักเรียน โดยขอบข่ายของความรู้ที่สอนจะต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน

2. การสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิดไปยังสถานการณ์อื่นได้ จะต้องสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่เป็นไปได้จริง มีความน่าเชื่อถือ และหลากหลาย

3. การสอนต้องสะท้อนให้เห็นถึงความซับซ้อนของความรู้ในบริบทต่างๆ ที่หลากหลาย

4. การสอนต้องมีการสร้างสถานการณ์จำลองที่มีความท้าทาย เพื่อสนับสนุนให้เกิดความพยายามในการถ่ายโอนแนวคิด

Sternberg and Williams (2002) ได้เสนอวิธีการสำหรับครูที่จะช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการถ่ายโอนแนวคิด ไว้ดังนี้

1. การสอนต้องทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สิ่งสำคัญในการสอนคือ สอนในสิ่งที่ เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ได้มากที่สุด โดยนักเรียนจะต้องเรียนรู้ถึงแนวคิดที่สำคัญใน เรื่องนั้นๆ

2. ครูควรใช้คำถาม และการเสนอแนะความคิด เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางในการนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. ครูต้องมีการนำเสนอกรอบแนวคิดที่มีความชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจใน แนวคิดนั้นๆ และเห็นความเชื่อมโยงกันระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่

4. ครูต้องช่วยเหลือให้นักเรียนมีความสามารถในการแยกแยะความรู้เดิมที่มีอยู่ เพื่อให้ สามารถนำไปประยุกต์กับความรู้ใหม่ได้

นอกจากนี้ สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2550) ได้เสนอวิธีการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอน แนวคิด ไว้ดังนี้

1. สอนในสิ่งที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในอนาคตได้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกหัดจนจำได้
2. สอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย หรือสอนให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา โดยใช้วิธีการเสนอแนวคตินำ (Advance Organizer) หรือการใช้ผังความคิดรวบยอด (Cognitive Mapping)
3. ใช้ยุทธศาสตร์การสอนที่จะช่วยให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิด เช่น ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ด้วยการค้นพบทั้งแบบที่มีโครงสร้างและการค้นพบที่มีการแนะนำ ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ด้วยการสังเกต ยุทธศาสตร์การคิดแบบวิจารณ์ญาณ และการคิดแก้ปัญหา และการใช้ปฐกถาให้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการถ่ายโอน เช่น ประโยชน์ของการถ่ายโอนแนวคิด ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายโอนแนวคิด และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกหัด
4. สอนในสิ่งที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง
5. สอนหลักการ วิธีดำเนินการ ทักษะ และวิธีการแก้ปัญหา ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
6. จัดสภาพการณ์ในโรงเรียนให้คล้ายคลึงกับชีวิตจริงที่นักเรียนจะไปประสบนอกโรงเรียน
7. จัดให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกหัดงานที่จะต้องออกไปทำงานจริง จนมีความแน่ใจว่าสามารถทำได้
8. ในการสอนหลักเกณฑ์หรือความคิดรวบยอด ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เห็นตัวอย่างที่หลากหลาย

กล่าวโดยสรุป การสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดนั้น ครูควรสอนในสิ่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิตประจำวัน โดยครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ มีการใช้ตัวอย่างที่หลากหลาย และสอนให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกหัดจนสามารถทำได้ด้วยตนเองได้ นอกจากนี้ ครูควรตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อน เพื่อจะได้ทราบความรู้เดิมของนักเรียน และเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ ดังนั้น วิธีการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิด จะต้องมียุทธศาสตร์สำคัญคือ เน้นการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และมีการประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ อย่างหลากหลาย

การศึกษาและพัฒนาการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน

นักการศึกษาได้ศึกษาและพัฒนาการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ดังนี้

โหมยิต จตุรัสวัฒนากุล (2543) ศึกษาผลของการเรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสอนเป็นกลุ่มที่ช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 78 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 39 คน และกลุ่มควบคุม 39 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดวิชาคณิตศาสตร์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสอนเป็นกลุ่มที่ช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

ปรัชญนันท์ นิลสุข (2544) ศึกษาผลของการเชื่อมโยงและรูปแบบเว็บเพจในการเรียนการสอนด้วยเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การแก้ปัญหา และการถ่ายโอนแนวคิดของนักศึกษาที่มีกระบวนการเรียนรู้ต่างกัน โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบลึก และกระบวนการเรียนรู้แบบตื้น ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาคอมพิวเตอร์ สถาบันราชภัฏแห่งหนึ่ง จำนวน 120 คน โดยแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 15 คน กลุ่มตัวอย่างทั้งที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบลึก และกระบวนการเรียนรู้แบบตื้นเรียนจากการเรียนการสอนด้วยเว็บ 4 แบบ คือ รูปแบบเว็บเพจแบบลำดับที่มีการเชื่อมโยงน้อย รูปแบบเว็บเพจแบบลำดับที่มีการเชื่อมโยงมาก รูปแบบเว็บเพจแบบแถบเลื่อนที่มีการเชื่อมโยงน้อย และรูปแบบเว็บเพจแบบแถบเลื่อนที่มีการเชื่อมโยงมาก จากการศึกษาพบว่า นักศึกษาที่เรียนจากรูปแบบเว็บเพจที่มีการเชื่อมโยงมากจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า

นักศึกษาที่เรียนจากรูปแบบเว็บเพจที่มีการเชื่อมโยงน้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 นักศึกษาที่เรียนจากระบบการเรียนแบบต้นจากเว็บเพจที่มีการเชื่อมโยงน้อย จะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนจากระบบการเรียนแบบลึกจากเว็บเพจที่มีการเชื่อมโยงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบเว็บเพจกับการเชื่อมโยงที่มีผลต่อการถ่ายโอนแนวคิดด้วย

วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณคงเภา (2548) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีขยายความคิด เพื่อส่งเสริมความแม่นยำด้านเนื้อหาความรู้ ความชำนาญในการปฏิบัติงาน และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนิสิตคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 75 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 45 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบความแม่นยำด้านเนื้อหาความรู้แบบเลือกตอบ จำนวน 54 ข้อ แบบทดสอบความชำนาญในการปฏิบัติงานด้านการอ่านและการเขียนแบบเติมคำตอบ จำนวน 15 ข้อ และแบบบันทึกการเรียนรู้ สำหรับวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากการศึกษาพบว่า นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีขยายความคิด มีคะแนนเฉลี่ยในด้านความแม่นยำด้านเนื้อหาความรู้ ความชำนาญในการปฏิบัติงาน และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

ณัฐรัตน์ ลิ้มนิจโพธิ์จำกุล (2550) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ โดยจัดกิจกรรมการสอนแบบร่วมมือ (STAD) กับวิธีสอนแบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชุมชนบ้านสองชั้น จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 56 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ จากผลการศึกษาพบว่า การสอนโดยจัดกิจกรรมการสอนแบบร่วมมือ (STAD) ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และสามารถถ่ายโอนแนวคิดวิชาคณิตศาสตร์ได้

ชรินดา สุขแสนชนานันท์ (2555) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 6 แนวคิด ได้แก่ อุณหภูมิ การนำความร้อน ตัวนำความร้อน ฉนวนความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน โดยการจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบท ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดในทุกแนวคิด และมีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด 2 แนวคิด ได้แก่ ฉนวนความร้อน และการพาความร้อน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบทควรจัดสถานการณ์ให้ตรงกับบริบทของ

นักเรียน อันจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความสนใจ และส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและมีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้

Dyer (1986) ศึกษาผลของการใช้แผนที่นำการอ่านที่มีต่อความเข้าใจและการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียนเกรด 8 จำนวน 80 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทำกิจกรรมแผนที่นำการอ่านที่เน้นแนวคิดที่เป็นจุดสำคัญของเรื่อง กลุ่มที่ 2 ทำกิจกรรมแผนที่นำการอ่านที่เน้นแนวคิดที่ไม่สัมพันธ์กับเรื่องที่อ่าน และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการทำกิจกรรมแผนที่นำการอ่าน จากการศึกษาพบว่า คะแนนความเข้าใจและผลการถ่ายโอนแนวคิดของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

Mestre (2002) ศึกษาความเข้าใจและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องกลศาสตร์ ในหัวข้อกฎการอนุรักษ์พลังงานและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยที่ลงเรียนในวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยใช้แบบทดสอบสำหรับวัดความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง กลศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ให้นักศึกษาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เป็นแบบทดสอบที่มีการกำหนดแนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่กำหนด และให้นักศึกษากำหนดปัญหาที่สอดคล้องกับหลักการที่กำหนด และทำการสัมภาษณ์หลังจากนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จ เพื่อให้ นักศึกษาอธิบายแนวคิดในการแก้ปัญหาจากแบบทดสอบ ผลการศึกษาพบว่า แบบทดสอบที่ให้นักศึกษาแก้ปัญหาที่กำหนดถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดฟิสิกส์ของนักศึกษา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่เป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยเสนอแนะเกี่ยวกับผลที่พบว่า นักศึกษานั้นขาดการจัดการความรู้และการเชื่อมโยงกับบริบทของปัญหา

Johnson and Rutherford (2010) ศึกษาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดระหว่างวิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ (Earth Science) ของนักศึกษาฝึกสอน จำนวน 128 คน ประกอบด้วยนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีสำหรับครูประถมศึกษา (CHEM 101: Chemistry for Elementary Teachers) จำนวน 83 คน และนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพสำหรับครูประถมศึกษา (ESSC 202: Earth Science for Elementary Teachers) จำนวน 46 คน โดยใช้ 1) แบบสำรวจแบบเขียนตอบ ที่ถามเกี่ยวกับความคาดหวังจากรายวิชาและความสนใจเกี่ยวกับการถ่ายโอนแนวคิด 2) แบบสำรวจเชิงเนื้อหา ที่ถามเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้ทางเคมีกับบริบททางวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ โดยให้เขียนอธิบายคำตอบ 3) แบบสำรวจเพื่อให้สะท้อนสิ่งที่ได้

เรียนรู้และสิ่งที่ได้จากรายวิชา จากการศึกษาพบว่า จากการสำรวจความคาดหวังจากรายวิชาและความสนใจเกี่ยวกับการถ่ายโอนแนวคิดสามารถจัดกลุ่มคำตอบเกี่ยวกับความคาดหวังที่จะได้จากรายวิชา ออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) ด้านผลการเรียน 2) ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ 3) ความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของรายวิชา 4) ด้านวิธีการสอนและแหล่งเรียนรู้ นอกจากนี้พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสนใจการถ่ายโอนแนวคิดโดยนักศึกษาจากทั้งสองกลุ่มยังไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดจากรายวิชาเคมีไปใช้ในบริบทของวิทยาศาสตร์พื้นพิภพได้ นอกจากนี้ นักศึกษาที่เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพมีการระบุแหล่งความรู้ในการตอบคำถามโดยส่วนใหญ่มาจากด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพและฟิสิกส์ ส่วนนักศึกษาที่เรียนในรายวิชาเคมีมีการระบุแหล่งความรู้ในการตอบคำถามโดยส่วนใหญ่จากด้านเคมีและฟิสิกส์ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถประยุกต์ความรู้ได้เฉพาะในบริบทที่คุ้นเคยเท่านั้น

จากการศึกษางานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียนพบว่า การศึกษาการถ่ายโอนแนวคิดทางด้านวิทยาศาสตร์นั้นมีน้อยมาก และยังไม่มีผู้ใดศึกษาการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการถ่ายโอนแนวคิดเรื่อง แสง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด พร้อมเขียนอธิบายเหตุผล มาตรวจสอบความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

การสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ที่เชื่อว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้เองจากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ หากมีการจัดสภาพการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยความหมายของการสืบเสาะหาความรู้นี้อาจแตกต่างกันไปตามบริบทที่นำไปใช้ องค์การทางการศึกษาต่างๆ ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

National Research Council [NRC.] (1996) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นกิจกรรมที่หลากหลาย ประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การสืบค้นข้อมูลจากเอกสารและแหล่งความรู้ต่างๆ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบด้วยการทดลองเพื่อหาหลักฐานมายืนยันสิ่งที่ค้นพบ การเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูล การนำเสนอสิ่งที่ค้นพบ อภิปราย และแลกเปลี่ยน

ความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบ และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงธรรมชาติของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วย

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2551) ระบุว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการสำรวจ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การทดลอง การสร้างแบบจำลอง และการสืบค้นข้อมูล

จากการศึกษาความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

NRC. (2000) กล่าวเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดการค้นหาคำตอบ แล้วนำมาเปรียบเทียบคำตอบกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ
2. มีการสำรวจตรวจสอบโดยเริ่มต้นจากคำถามที่สนใจ และเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด และการทดลอง
3. มีจุดประสงค์และวิธีการในการสำรวจตรวจสอบที่หลากหลาย
4. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย และตรวจสอบคำอธิบายจากการทดลองโดยอาศัยหลักฐาน
5. นักวิทยาศาสตร์มีการทำงานร่วมกันเป็นทีม ซึ่งจะทำได้แนวคิดที่หลากหลาย

6. ทุกขั้นตอนในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีการใช้ความคิดสร้างสรรค์

7. นักวิทยาศาสตร์ต้องนำเสนอสิ่งที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าต่อสาธารณชน

โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 5 องค์ประกอบ ดังนี้ (NRC, 2000)

1. นักเรียนถูกกระตุ้นความสนใจด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนเป็นผู้ค้นหาข้อมูลและหลักฐานต่างๆ เพื่อพัฒนาคำอธิบายในการตอบคำถาม
3. นักเรียนเป็นผู้สร้างคำอธิบายจากหลักฐานต่างๆ ด้วยตนเอง
4. นักเรียนเป็นผู้ประเมินคำอธิบายต่างๆ ที่สามารถอธิบายความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้
5. นักเรียนเป็นผู้สื่อสารคำอธิบายที่สร้างขึ้นและโต้แย้งด้วยเหตุผล

องค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละระดับ มีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้กับระดับของการสืบเสาะหาความรู้

องค์ประกอบสำคัญ	บทบาทของนักเรียนในแต่ละระดับของการสืบเสาะหาความรู้			
นักเรียนถูกกระตุ้นความสนใจด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนตั้งคำถามด้วยตนเอง	นักเรียนเป็นผู้เลือกคำถามและตั้งคำถามใหม่	นักเรียนทำความเข้าใจกับคำถามของครู หรือคำถามจากแหล่งอื่น	นักเรียนถูกกระตุ้นด้วยคำถามจากครูหรือคำถามจากแหล่งอื่น

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบสำคัญ	บทบาทของนักเรียนในแต่ละระดับของการสืบเสาะหาความรู้			
นักเรียนเป็นผู้ค้นหา ข้อมูลและหลักฐาน ต่างๆ	นักเรียนค้นหา และเก็บรวบรวม หลักฐาน	นักเรียนได้รับ การชี้แนะใน การค้นหาและ เก็บรวบรวม ข้อมูล	นักเรียนได้ข้อมูล และถูกมอบหมาย ให้วิเคราะห์ข้อมูล	นักเรียนได้ ข้อมูลและวิธีการ วิเคราะห์ข้อมูล
นักเรียนเป็นผู้สร้าง คำอธิบายจาก หลักฐานต่างๆ	นักเรียนสร้าง คำอธิบายจากการ สรุปหลักฐาน ต่างๆ	นักเรียนได้รับ การชี้แนะใน การสร้าง คำอธิบายจาก หลักฐานต่างๆ	นักเรียนได้รับ วิธีการสร้าง คำอธิบายจาก หลักฐาน	นักเรียนได้รับ หลักฐานและ วิธีการสร้าง คำอธิบายจาก หลักฐาน
นักเรียนเป็นผู้ ประเมินคำอธิบาย ต่างๆ ที่สามารถ อธิบายความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ได้	นักเรียนเลือก แหล่งข้อมูล และ รูปแบบการ เชื่อมโยง คำอธิบาย	นักเรียนได้รับ การชี้แนะ แหล่งข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์	นักเรียนได้รับ วิธีการเชื่อมโยง คำอธิบายที่เป็นไป ได้	-
นักเรียนเป็นผู้ สื่อสารคำอธิบายที่ สร้างขึ้นและโต้แย้ง ด้วยเหตุผล	นักเรียนสร้าง เหตุผลและข้อ โต้แย้งในการ สื่อสารคำอธิบาย	นักเรียนได้รับ การชี้แนะใน การสื่อสาร คำอธิบาย	นักเรียนได้รับ คำแนะนำเกี่ยวกับ รูปแบบในการ สื่อสารคำอธิบาย	นักเรียนได้รับ ขั้นตอนและ วิธีการในการ สื่อสารคำอธิบาย
มาก-----ระดับการขึ้นด้วยตนเองของนักเรียน-----น้อย				
น้อย-----ระดับการขึ้นจากครูหรือวัสดุอุปกรณ์-----มาก				

ที่มา: NRC (2000)

นอกจากนี้ Clark and Starr (1976) ได้กล่าวถึงหลักการทั่วไปของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมีลักษณะสำคัญดังนี้

1. ครูเป็นผู้มีบทบาทในกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดด้วยตนเอง โดยการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดปัญหา เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน และหาคำตอบของปัญหา

2. ครูเป็นผู้มีบทบาทในการจัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด และตรวจสอบการคิดของตนเองด้วยการทดลอง

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้หาวิธีแก้ปัญหาอย่างอิสระ โดยใช้วิธีการที่หลากหลายทั้งการทำงานคนเดียว และการทำงานเป็นกลุ่ม

จากการศึกษาลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นด้วยคำถามหรือเป็นผู้ตั้งคำถามด้วยตนเอง และได้ลงมือสำรวจตรวจสอบ เพื่อหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้นต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ไปพร้อมกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ด้วย (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2552)

ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับบริบทที่นำไปใช้ นักการศึกษาได้จำแนกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะไว้หลายประเภท ดังนี้

Esler and Ester (1993) จำแนกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการได้มาซึ่งความรู้เป็นเกณฑ์ในการจำแนก สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. Rational Approach เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้ตั้งคำถาม โดยเป็นคำถามปลายเปิด แล้วให้เวลานักเรียนในการหาคำตอบพร้อมทั้งเหตุผลมาอธิบายคำถามดังกล่าว

2. Discovery Approach เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ตั้งปัญหา และกำหนดวิธีการตรวจสอบปัญหาด้วยตนเอง ครูมีบทบาทเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น

3. Experiment Approach เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้สร้างและทดสอบสมมติฐาน และทำการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

นอกจากนี้ พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์ (2550) ได้กล่าวถึงการจำแนกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ออกเป็น 3 ประเภท แต่ใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ดังนี้

1. Guided-Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา เตรียมอุปกรณ์ วางแผนการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยนักเรียนเป็นเพียงผู้ที่ทำการทดลองตามแนวทางที่ครูกำหนดไว้

2. Less-Guided-Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา หรืออาจให้นักเรียนร่วมกำหนดปัญหาค้าง แต่นักเรียนเป็นผู้หาวิธีการแก้ปัญหา ตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น

3. Unguided-Inquiry หรือ Free Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาค้างด้วยตนเอง รวมไปถึงการวางแผนการทดลอง ทำการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง เป็นวิธีที่นักเรียนมีอิสระในการศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้คอยกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาค้างเท่านั้น

Bell et al. (2005) ได้แบ่งระดับของการสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 4 ระดับ โดยพิจารณาจากกิจกรรมที่ครู หรือนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการ ดังนี้

1. Comfirmed Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และคำตอบให้กับนักเรียน และให้นักเรียนทำกิจกรรมตามที่กำหนดในหนังสือหรือใบงาน โดยนักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้ เพื่อยืนยันความรู้ที่ถูกต้องแล้ว

2. Directed Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา สาธิต และอธิบายวิธีการตรวจสอบปัญหา แล้วให้นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบปัญหาตามวิธีการที่กำหนด โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

3. Guided Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางในการตรวจสอบปัญหา โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

4. Open Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้ โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และตรวจสอบปัญหาด้วยตนเอง จนค้นพบความรู้ใหม่

Colburn (2000) แบ่งระดับของการสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 4 ระดับเช่นกัน แต่ใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ดังนี้

1. Structure Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา จัดเตรียมวิธีการสำรวจตรวจสอบ และจัดหาวัสดุอุปกรณ์ โดยให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง
2. Guided Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นเพียงผู้จัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนเป็นผู้สำรวจตรวจสอบ และแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง
3. Open Inquiry เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นจัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนเป็นผู้สำรวจตรวจสอบ และแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง เหมือน Guided Inquiry แต่แตกต่างกันที่นักเรียนสามารถกำหนดปัญหาด้วยตนเอง และวิธีการสำรวจตรวจสอบทำได้หลายวิธี และไม่มีการเรียงลำดับขั้นตอนที่แน่นอน
4. Learning Cycle เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะค้นคว้าหาคำตอบ ครูเป็นผู้จัดเตรียมแนวคิดที่ต้องการให้กับนักเรียน โดยนักเรียนมีการนำแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ในบริบทที่แตกต่างออกไป

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ หรือ Learning Cycle มาเป็นหลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิด ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จะทำให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ในบริบทที่แตกต่างออกไป และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นการถ่ายโอนแนวคิดในสิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้

ความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้

สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ นั้น นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

Renner Stafford and Ragan (1979) กล่าวว่าเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้ว่า เป็นรูปแบบการทำงานที่บุคคลใช้ในการดำเนินการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสังเกต การวัด การตีความหมายข้อมูล การทดลอง การทำนายผล และการสร้างรูปแบบทางวิทยาศาสตร์

Lawson (1995) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ที่เน้นให้ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

สสวท. (2546) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ว่า เป็นการเรียนการสอนโดยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ โดยการเรียนรู้จากกลุ่ม จัดเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันในลักษณะของการเรียนรู้แบบวัฏจักร หรือเรียกได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

จินดารัตน์ แก้วพิกุล (2554) ได้สรุปว่า วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ตอบสนองความต้องการของนักเรียน ด้วยการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบเป็นวัฏจักร

จากการศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ว่า วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับนักเรียน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รูปแบบหนึ่งที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีผู้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ไว้หลายรูปแบบ ดังนี้

Karplus (1977) ได้นำเสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 ขั้น คือ

1. ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม
2. ขั้นเกิดความคิด (Invention) เป็นขั้นที่มีการเสนอแนวคิดหรือหลักการใหม่ หรือคำอธิบายเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้กับประสบการณ์ของตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอแนวคิดของตนเองด้วย
3. ขั้นค้นพบ (Discovery) เป็นขั้นที่นักเรียนเกิดแนวคิด หรือทักษะที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ โดยการยกตัวอย่างเพื่อแสดงแนวคิดนั้นๆ

Barman (1989) ได้พัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่เน้นการกระตุ้นเพื่อทำให้เกิดความไม่สมดุลทางความคิดของนักเรียน และนำไปสู่การปรับและขยายความคิด ในขั้นนี้ครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ และจัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้เพียงพอ เพื่อให้นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ที่จะนำไปสู่การเกิดแนวคิด คำแนะนำของครูต้องไม่ชี้นำแนวทางในการสำรวจให้กับนักเรียน โดยนักเรียนจะเป็นผู้รับผิดชอบในการสำรวจ การเก็บรวบรวมและบันทึกข้อมูลด้วยตนเอง
2. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่เน้นให้ครูชี้นำแนวทางในการคิดให้กับนักเรียน โดยครูจะต้องเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้เกิดขึ้นในชั้นเรียน และช่วยให้นักเรียนเกิดการจัดเรียงข้อมูลโดยใช้ภาษาเฉพาะสำหรับแนวคิดนั้นๆ

3. ขยาย (Expansion) เป็นขั้นที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญมากที่สุด เพื่อช่วยให้นักเรียนได้จัดระเบียบทางความคิดที่ได้ค้นพบ และนำมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่มีความคล้ายคลึงกัน เพื่อให้นักเรียนเกิดการประยุกต์กับสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ครูควรจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนสามารถนำสิ่งที่ค้นพบไปสู่ขั้นการสำรวจทบทวนต่อไปได้โดยอัตโนมัติ

4. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้ การประเมินผลควรทำอย่างต่อเนื่อง และใช้การวัดที่หลากหลาย เพื่อกระตุ้นการสร้างแนวคิดและทักษะกระบวนการ

นอกจากนี้ ในปี ค.ศ. 1992 นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้แบ่งวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งเป็นรูปแบบที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทย (สสวท., 2546) ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน โดยการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย หรือเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง เพื่อให้นักเรียนสร้างคำถาม หรือกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนเพื่อกำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบประเด็นที่จะศึกษา และลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยใช้วิธีที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง รวมไปถึงการศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อแปลผลข้อมูล สรุปผลสิ่งที่ได้ศึกษา และนำเสนอผลที่ศึกษาในรูปแบบต่างๆ

4. ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ได้สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ หรือนำความรู้ที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์อื่นๆ เพื่อทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไร อย่างไร

ต่อมา ในปี ค.ศ. 2003 Eisenkraft ได้ขยายการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยได้ทำการแยกขั้นนำเข้าสู่บทเรียนออกเป็นสองส่วน คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) และขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) และในขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผลได้ทำการขยายออกเป็น 3 ส่วน คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) โดยสามารถสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ได้ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เป็นขั้นที่ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่ามีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้ถูกต้อง
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม และกำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยนำเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยของนักเรียน หรืออาจเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาคำถามการสำรวจตรวจสอบ และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจตรวจสอบทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป
4. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลอง รูปภาพ ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้
5. ขั้นขยายความรู้ (Expansion/Elaboration) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้ใน เรื่องอื่นๆ

7. **ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension)** เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้

โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ ในขั้นตรวจสอบความรู้นั้นจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ เกิดการถ่ายโอนแนวคิดที่มีอยู่ และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ (Eisenkraft, 2003)

จากรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และการประยุกต์ความรู้กับบริบทอื่น หรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีมาก่อนหน้ากับสิ่งที่ได้เรียนรู้ ทำให้สามารถสร้างความรู้ใหม่ และเกิดการถ่ายโอนแนวคิด

การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้

การสืบเสาะหาความรู้ถูกนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาแนวคิดและผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยมีผู้ศึกษาไว้ ดังต่อไปนี้

นันทกานต์ ดวงพร (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. ที่มีต่อแนวคิดทางเลือก เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบเชิงทดลอง นวัตกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ สสวท. เรื่องงานและพลังงาน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดแนวคิดทางเลือก เกี่ยวกับแนวคิดในวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการ

จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนในเรื่องงานและพลังงาน แต่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนน้อยกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามรูปแบบ สสวท.

วิชัย มะธิพิไช (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. ที่มีต่อแนวคิดทางเลือก เรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็น โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบเชิงทดลอง นวัตกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ สสวท. เรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดแนวคิดเลือกเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์ เรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็น จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็นมากที่สุด รองลงมาคือมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน สำหรับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวความคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็นมากที่สุด รองลงมาคือมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

สุนิตย์ ขอนสัก (2551) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องเสียง โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 คน โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่น เขต 2 โดยใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มที่มีการทดสอบเฉพาะหลังการทดลอง นวัตกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 93.34

ณัฐมน เดชมา (2555) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารและสมบัติของสาร และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7

ชั้น (7Es) ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ จากผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านความเข้าใจมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านการนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

Salierno, Edelson and Sherin (2005) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ของนักเรียนเกรด 5 ในโรงเรียนเอกชนเมืองชิคาโก ที่เรียนในหลักสูตรที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตพฤติกรรมและการมีปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียน จากผลการศึกษาพบว่า ก่อนการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดทางเลือก หลังการเรียนรู้ นักเรียนไม่มีแนวคิดทางเลือก และมีความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม นักเรียนไม่สามารถอธิบายผลของมุมกับความเข้มของดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านที่มีต่ออุณหภูมิได้ เนื่องจากไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องรังสีมาก่อน

Valanides and Angeli (2008) ศึกษาแนวคิดเรื่องแสง สี และการมองเห็น ของนักเรียนเกรด 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบ ODRS (Observe, Discuss, and Reason with Evidence in Science) จากผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบ ODRS ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดเรื่องแสง สี และการมองเห็นเพิ่มมากขึ้น

Afra, Osta and Zoubair (2009) สำรวจแนวคิดทางเลือกของนักเรียนเกรด 9 ในประเทศเลบานอน เรื่องกระแสไฟฟ้า และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อแนวคิดพื้นฐาน เรื่องกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วย วงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวต้านทาน พลังงานและสมบัติทางกายภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องกระแสไฟฟ้า และแบบทดสอบ DIRECT Version 1.0 จากผลการศึกษาพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางเลือกเรื่องกระแสไฟฟ้า และหลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

Keawkhong (2010) พัฒนาคู่มือเรื่องการสอนและการหักเหของแสง โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย เนื้อหาหลัก 5 เรื่อง คือ การมองเห็นวัตถุและความหมายของรังสีของแสง การสะท้อนของแสง ภาพที่เกิดจากกระจกเงา

ราบ ภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง และการหักเหของแสง จากผลการศึกษาพบว่า บทเรียนที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการมองเห็นวัตถุและความหมายของรังสีของแสง การสะท้อนของแสง ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ ภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง และการหักเหของแสงดีขึ้น แต่ผู้วิจัยเสนอแนะให้ปรับปรุงบทเรียนในหัวข้อเกี่ยวกับการหักเหของแสงให้ดีขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี โดยนักการศึกษาได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่หลากหลายมาใช้ในการพัฒนาแนวคิดและผลการเรียนของนักเรียน ได้แก่ การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางของสสวท. และการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

แต่จากการศึกษาพบว่า ยังไม่มีผู้ใดนำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน มีเพียงการนำมาใช้ในการพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนเท่านั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นมาใช้ในการพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป โดยผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มที่ศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งมีวิธีการวิจัยซ้ำกันเป็นวงจร ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเตรียมการ (Plan) 2) ขั้นดำเนินการ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการดำเนินการ (Reflect) วงจรการปฏิบัติวิจัยนี้ เรียกว่า วงจร PAOR (ส. วาสนา ประवालพฤษย์, 2538) โดยวิธีการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นเตรียมการ (Plan)

1. ศึกษาสภาพและปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ โดยวิเคราะห์จากประสบการณ์การสอนของตนเอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องแสง และไม่สามารถนำแนวคิดที่ได้จากการเรียนไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปได้ จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สภาพการจัดการเรียนรู้ของตนเอง พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา ผู้วิจัยมัก

เป็นผู้บอกเนื้อหา เน้นการท่องจำมากกว่าให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจึงไม่สามารถนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของนักเรียนและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง และการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรม และนักเรียนจะสามารถนำเอาความรู้ที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ เมื่อมีการเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ และได้รับการฝึกประสบการณ์อย่างหลากหลาย

3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง

4. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย ได้แก่ แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ชิ้นงานของนักเรียน กรอบในการบันทึกหลังสอนของครู กรอบในการเขียนอนุทินของนักเรียน และกรอบในการสังเกตการสอนผ่านวิดีโอที่บันทึกการสอน

ขั้นตอนการ (Act)

1. นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงไปให้กลุ่มที่ศึกษาทำก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียน

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการบันทึกวิดีโอที่บันทึกการสอน เพื่อช่วยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย เมื่อสอนจบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พฤติกรรมของนักเรียน ปัญหาและอุปสรรคที่พบขณะทำการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ลงในบันทึกหลังสอนของครูทันที

3. ระหว่างการดำเนินการสอน เมื่อสอนจบในแต่ละแผน ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนอนุทิน เพื่อบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม และความรู้สึกลึกที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้จนครบทุกแผนแล้ว นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงไปให้กลุ่มที่ศึกษาทำอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้

5. นำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงไปให้กลุ่มที่ศึกษาทำเพื่อตรวจสอบความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ หลังทำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงแล้ว 1 คาบเรียน

ขั้นสังเกต (Observe)

1. สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากวิดีโอทัศน์การสอน และบันทึกการสังเกตลงในแบบสังเกตการสอนผ่านวิดีโอทัศน์บันทึกการสอน

2. รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ จากบันทึกหลังสอน และจากการสังเกตวิดีโอทัศน์บันทึกการสอน

3. รวบรวมข้อมูลจากอนุทินของนักเรียน ในหัวข้อ “ความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่มีต่อการเรียน และข้อเสนอแนะที่มีต่อการเรียน”

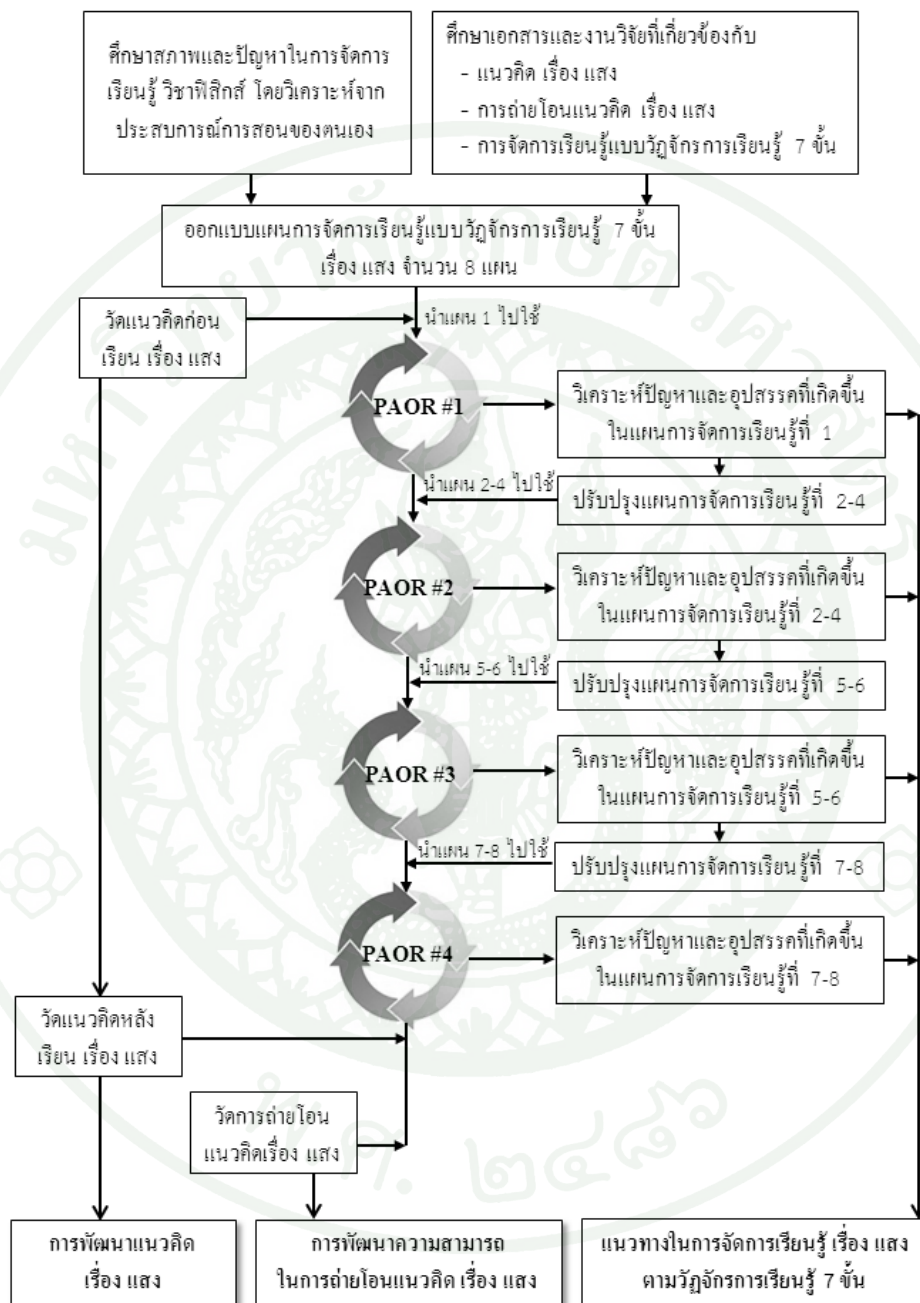
ขั้นสะท้อนผลการดำเนินการ (Reflect)

1. นำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยเขียนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองเพิ่มเติมลงในบันทึกหลังสอนและหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

2. นำแนวทางในการแก้ปัญหาไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนถัดไป

การดำเนินการวิจัยนี้ จะดำเนินการเป็นวงจรต่อเนื่องกัน โดยผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 วงจร คือ วงจรที่ 1 เมื่อทำการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ แผนที่ 1 วงจรที่ 2 เมื่อทำการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ แผนที่ 2 – 4 วงจรที่ 3 เมื่อทำการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่ 5 – 6 และวงจรที่ 4 เมื่อทำการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ แผนที่ 7 – 8 วิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา

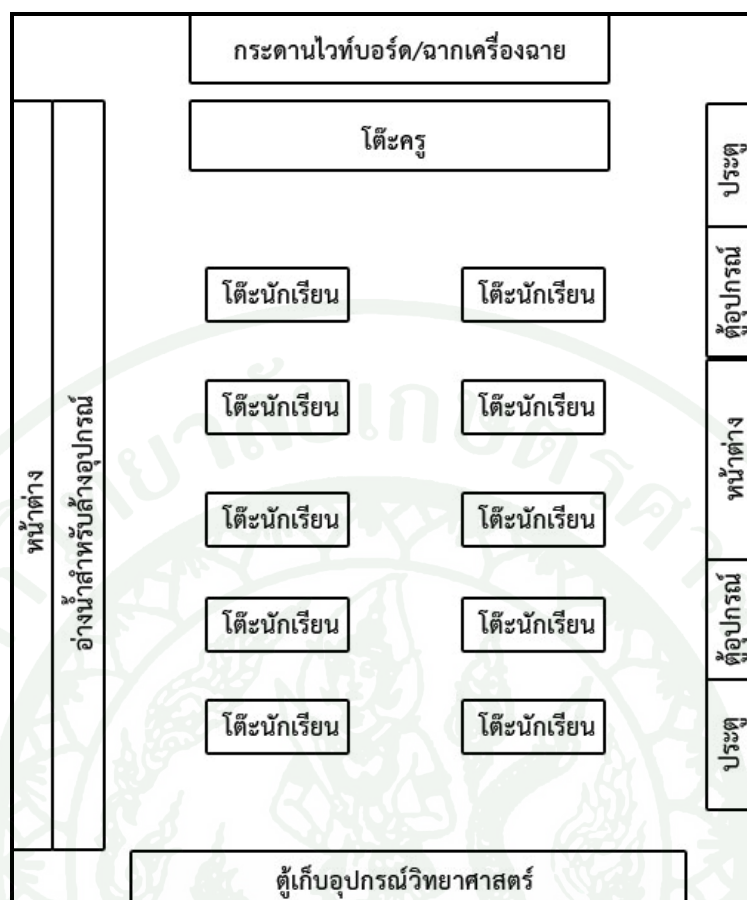
กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาลสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 50 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 22 คน นักเรียนหญิง 28 คน โดยความสามารถ ซึ่งเป็นนักเรียนในห้องที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ทำการสอน

บริบทของโรงเรียน

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในจังหวัดระยอง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 ที่ผู้วิจัยเป็นครูประจำการ เปิดทำการสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สภาพแวดล้อมของโรงเรียนโดยรอบเป็นโรงงานอุตสาหกรรม ในปีการศึกษา 2555 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 2,453 คน ซึ่งในระดับชั้นม. 5 มีนักเรียนทั้งหมด 278 คน แบ่งออกเป็น 7 ห้องเรียน โรงเรียนมีการส่งเสริมและสนับสนุนในด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี มีห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความพร้อมด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ มีห้องอินเทอร์เน็ตสำหรับให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม และมีระบบอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายที่สามารถให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จากทุกที่ในโรงเรียน

สภาพห้องเรียน

งานวิจัยนี้ ใช้ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 เป็นสถานที่ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีขนาดความกว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร ภายในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ประกอบด้วย กระดานไวท์บอร์ด โต๊ะครู เครื่องฉาย (projector) พร้อมฉาก และโต๊ะนักเรียน บริเวณด้านซ้ายมือของห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 เป็นอ่างน้ำสำหรับล้างอุปกรณ์การทดลอง ด้านขวามือของห้องและด้านหลังห้องเป็นตู้เก็บอุปกรณ์การทดลอง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจัดโต๊ะเรียนโดยแบ่งเป็น 10 กลุ่ม ตามแผนผังการจัดโต๊ะเรียน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังการจัดโต๊ะเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิด

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิดในงานวิจัยนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง ครอบคลุมแนวคิดหลักทั้งหมด 4 แนวคิด ได้แก่ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง จำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 20 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยจัดการเรียนการสอนสัปดาห์ละ 4 คาบเรียน รวมเวลาที่ใช้ในการสอนทั้งสิ้นประมาณ 6 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้เรื่องแสง

แนวคิด	จำนวนแผน	เวลาเรียน (คาบเรียน)
1. การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	1	2
2. การสะท้อนของแสง	3	6
3. การหักเหของแสง	2	6
4. เลนส์บาง	2	6

ขั้นตอนในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง มีดังนี้

1. ศึกษากรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
2. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
3. วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และหน่วยการเรียนรู้เรื่องแสง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
4. ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามวิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ แนวคิดหลัก กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้
5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมที่ใช้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข
6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คนตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมที่ใช้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นทุกแผนไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่จะศึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ขั้นการจัดกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation)	- ตั้งคำถามให้นักเรียนแสดงความรู้เดิมออกมา	- ตอบคำถาม/อภิปรายร่วมกัน
ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - สร้างความสนใจ และอยากรู้ อยากเห็น - เปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม ปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ	- ตอบคำถาม - แสดงความคิดเห็น และความสนใจ - ตั้งคำถาม
ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- เปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบอย่างอิสระ - สังเกตการทำงานของนักเรียน - อำนวยความสะดวก	- ระดมความคิดในการแก้ปัญหา และสำรวจตรวจสอบ - บันทึกผลสิ่งที่ได้สังเกตอย่างเป็น ระบบ ละเอียด และรอบคอบ - กระตือรือร้นและมุ่งมั่นในการ สำรวจตรวจสอบ
ขั้นอธิบาย (Explanation)	- เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอสิ่ง ที่สำรวจตรวจสอบ - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน - ส่งเสริมให้นักเรียนสรุปองค์ ความรู้อย่างมีเหตุผล	- อธิบายและนำเสนอผลการสำรวจ ตรวจสอบ - รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น - ซักถามเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะเพิ่มเติมในสถานการณ์อื่นๆ	- นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปสร้างความรู้ใหม่ - นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม
ขั้นประเมินผล (Evaluation)	- ถามคำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน - ประเมินด้วยวิธีการหลากหลาย	- ตอบคำถาม - ประเมินกระบวนการ และองค์ความรู้ของตนเอง
ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension)	- เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	- นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง ชิ้นงานของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง เป็นแบบวัดแนวคิดแบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (Two Tier Diagnostic Concept Test) แบบปรนัยพร้อมเลือกเหตุผล จำนวน 15 ข้อ ครอบคลุมแนวคิด 4 แนวคิด คือ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดแนวคิด

1.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.3 วิเคราะห์แนวคิดหลักเรื่องแสง

1.4 จัดทำโครงสร้างของแบบวัดแนวคิด ข้อคำถาม และคำตอบ

1.5 สร้างแบบวัดแนวคิดแบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบเขียนตอบพร้อมเขียนอธิบายเหตุผล จำนวน 15 ข้อ

1.6 นำโครงสร้างของแบบวัดแนวคิดและแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบคำถามปลายเปิดที่สร้างขึ้น ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างแบบวัด และความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบ จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดมาปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบคำถามปลายเปิดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดมาปรับปรุงแก้ไข

1.8 นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบคำถามปลายเปิดที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนรู้เรื่องแสงมาแล้ว จำนวน 25 คน เพื่อนำคำตอบที่ได้มาจัดทำเป็นตัวเลือกในแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้นแบบปรนัยพร้อมเลือกเหตุผล

1.9 นำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบที่สอดคล้องกัน โดยแยกตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994) ซึ่งจัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่ม คือ แนวคิดถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception) แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific Misconception) และไม่มีแนวคิด (No Understanding)

1.10 สร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบปรนัยพร้อมเลือกเหตุผล จำนวน 15 ข้อ โดยใช้ตัวลงในแต่ละข้อคำถามจากแนวคิดของนักเรียนที่ตอบมาในแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง แบบคำถามปลายเปิด

1.11 นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงที่สร้างขึ้น และโครงสร้างของแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง และความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบของแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงมาปรับปรุงแก้ไข

1.12 นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงมาปรับปรุงแก้ไข

1.13 นำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา และเวลาที่ใช้ จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงมาปรับปรุงแก้ไข

1.14 นำแบบวัดแนวคิดที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

รายละเอียดของแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แนวคิดเรื่องแสง และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง

แนวคิดหลัก	แนวคิดย่อย	จำนวนข้อคำถาม
1. การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	1.1 การเคลื่อนที่ของแสงและอัตราเร็วของแสง	1
2. การสะท้อนของแสง	2.1 กฎการสะท้อน	1
	2.2 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ	2
	2.3 ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง	2
3. การหักเหของแสง	3.1 กฎการหักเห	1
	3.2 การสะท้อนกลับหมด	2
	3.3 ความลึกจริง ความลึกปรากฏ	2
4. เลนส์บาง	4.1 การเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์	2
	4.2 ภาพที่เกิดจากเลนส์นูน	1
	4.3 ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า	1
รวม		15

2. ชิ้นงานของนักเรียน เป็นผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ใบงาน ใบกิจกรรม ครอบคลุมแนวคิด 4 แนวคิด คือ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บางโดยนักเรียนทำชิ้นงานทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่มหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาที่จะให้นักเรียนทำใบงานหรือใบกิจกรรม

2.2 สร้างใบงานหรือใบกิจกรรมตามกรอบแนวคิดของเนื้อหา

2.3 นำข้อคำถามและคำตอบในใบงานหรือใบกิจกรรมไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามคำแนะนำ

2.4 นำข้อคำถามและคำตอบในใบงานที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3
คน ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามคำแนะนำ

2.5 นำใบงานไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

3. อนุทินของนักเรียน เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนหลังจากการเรียนรู้ทุกครั้ง โดยบันทึก
สิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ ซึ่งมีหัวข้อในการบันทึก คือ 1) สิ่งที่ได้เรียนรู้ 2) ความรู้สึกหรือความคิดเห็น
ที่มีต่อการเรียน 3) การนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ประโยชน์ 4) ข้อสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้น
5) ข้อเสนอแนะที่มีต่อการเรียน อนุทินของนักเรียนเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วิจัยทราบแนวคิดของ
นักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย มี
รายละเอียดในการสร้างเครื่องมือดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำอนุทินมาใช้ในการสะท้อนการ
เรียนรู้ของนักเรียน

3.2 กำหนดประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทิน

3.3 สร้างอนุทินของนักเรียนตามประเด็นที่กำหนด

3.4 นำอนุทินของนักเรียนไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสม
ของประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.5 นำนุทินของนักเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเหมาะสมของประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.6 นำนุทินของนักเรียนไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 คือ แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ชิ้นงานของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง เป็นแบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบอัตนัย พร้อมเขียนอธิบายเหตุผล ครอบคลุมแนวคิด 4 แนวคิด คือ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง แบ่งเป็น 4 ชุดคำถาม จำนวนข้อคำถามทั้งหมด 14 ข้อ ชุดคำถามในแต่ละแนวคิดใช้สถานการณ์ที่หลากหลาย เพื่อวัดความสามารถในการนำความรู้ และทักษะจากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หนึ่งไปใช้กับสถานการณ์อื่นที่มีบริบทต่างออกไป โดยในแต่ละชุดคำถามจะประกอบไปด้วยข้อคำถามที่แสดงการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ (Near Transfer) เป็นข้อคำถามที่สถานการณ์มีบริบทใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่นักเรียนพบในแผนการจัดการเรียนรู้ และการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล (Far Transfer) เป็นข้อคำถามที่สถานการณ์มีบริบทแตกต่างกับสถานการณ์ที่นักเรียนพบในแผนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดการถ่ายโอนแนวคิด

1.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.3 วิเคราะห์แนวคิดหลักเรื่องแสง

1.4 จัดทำโครงสร้างของแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ข้อคำถาม และคำตอบ

1.5 นำโครงสร้างของแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง และแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงที่สร้างขึ้น ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของ

โครงสร้างแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง และความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบ จากนั้นนำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงไปปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงมาปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา และเวลาที่ใช้ จากนั้นนำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงมาปรับปรุงแก้ไข

1.8 นำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้เก็บข้อมูล กับกลุ่มที่ศึกษา

รายละเอียดของแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แนวคิดเรื่องแสง และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

แบบวัดการถ่ายโอน ชุดที่	แนวคิดหลัก	ประเภทของการถ่ายโอน แนวคิด	จำนวนข้อคำถาม
1	การเคลื่อนที่และอัตราเร็ว ของแสง	ถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด	1
		ถ่ายโอนอย่างไกล	1
2	การสะท้อนของแสง	ถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด	2
		ถ่ายโอนอย่างไกล	2
3	การหักเหของแสง	ถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด	2
		ถ่ายโอนอย่างไกล	2
4	เลนส์บาง	ถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด	2
		ถ่ายโอนอย่างไกล	2
รวม			14

2. **ชิ้นงานของนักเรียน** เป็นผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ใบงาน ใบกิจกรรม ครอบคลุมแนวคิด 4 แนวคิด คือ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง โดยนักเรียนทำชิ้นงานทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3. **อนุทินของนักเรียน** เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนหลังจากการเรียนรู้ทุกครั้ง โดยบันทึกสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วิจัยทราบความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ประโยชน์

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 3 คือ บันทึกหลังสอนของครู อนุทินของนักเรียน และวิทัศน์บันทึกการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1. **บันทึกหลังสอนของครู** เป็นบันทึกของผู้วิจัยในการบันทึกเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะจัดการเรียนรู้ โดยจดบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตอย่างละเอียดตามความเป็นจริง มีลักษณะเป็นแบบบันทึกกิ่งโครงสร้าง ซึ่งมีหัวข้อในการบันทึก คือ 1) พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน 2) ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ 3) การสรุปเกี่ยวกับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ 4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 5) ข้อมูลอื่นๆ บันทึกหลังการสอนนี้ ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอน และปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้อีกเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของบันทึกหลังสอนของครู

1.2 กำหนดประเด็นที่ต้องการทราบระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง

1.3 สร้างแบบบันทึกหลังสอนของครูตามประเด็นที่กำหนด

1.4 นำแบบบันทึกหลังสอนของครูไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมของประเด็นที่ต้องการบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.5 นำแบบบันทึกหลังสอนของครูไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์มากกว่า 5 ปี ตรวจสอบความเหมาะสมของประเด็นที่ต้องการบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.6 นำแบบบันทึกหลังสอนของครูไปบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

2. อนุทินของนักเรียน เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนหลังจากการเรียนรู้ทุกครั้ง โดยบันทึกสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วิจัยทราบความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้สึกรู้สึกหรือความคิดเห็นที่มีต่อการเรียน และข้อเสนอแนะที่ต้องการให้ครูปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ จากการบันทึกดังกล่าวจะทำให้ได้ข้อมูลที่น่าไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้

3. วิถีทัศน์บันทึกการสอน เป็นเครื่องมือที่ช่วยบันทึกพฤติกรรมของผู้วิจัยขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมไปถึงพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถสังเกตการจัดการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างละเอียด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยเตรียมความพร้อมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มที่ศึกษาก่อนทำการวัดแนวคิด ด้วยการชี้แจงวัตถุประสงค์ของแบบวัดแนวคิดก่อนเรียน อธิบายวิธีการตอบในแบบวัดแนวคิดซึ่งเป็นแบบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบปรนัยพร้อมเลือกเหตุผล และทำข้อตกลงเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิด โดยผู้วิจัยให้เวลาในการทำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง 60 นาที เมื่อผู้วิจัยเตรียมความพร้อมของนักเรียนเรียบร้อยแล้วจึงให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง ที่สร้างขึ้น เป็นเวลา 20 คาบเรียน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงอีกครั้ง นอกจากนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยใช้ชิ้นงานของนักเรียน โดยให้

นักเรียนทำชิ้นงานหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และบันทึกอนุทินหลังการเรียนรู้ทุกครั้งเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ ปัญหาและข้อสงสัยที่เกิดจากการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยใช้แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน ก่อนให้กลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ผู้วิจัยมีการเตรียมความพร้อมของนักเรียนก่อนทำแบบวัดโดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด อธิบายวิธีการตอบแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดซึ่งเป็นแบบวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบอัตนัยพร้อมเขียนอธิบายเหตุผล และทำข้อตกลงเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด โดยผู้วิจัยให้เวลาในการทำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด 60 นาที นอกจากนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยใช้ชิ้นงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนทำใบงานหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละคาบเรียน และบันทึกอนุทินหลังการเรียนรู้ทุกครั้งเกี่ยวกับการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 3

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เหมาะสมในการช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์และการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง โดยผู้วิจัยจะบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกหลังสอนของครูหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งทันที ในระหว่างที่ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้บันทึกวิดิทัศน์การสอนของตนเอง หลังจากการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยสังเกตการจัดการเรียนรู้ของตนเองและพฤติกรรมของนักเรียนจากวิดิทัศน์บันทึกการสอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของตนเอง และพฤติกรรมของนักเรียนเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกหลังสอนของครู นอกจากนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยให้นักเรียนบันทึกอนุทินหลังการเรียนรู้ทุกครั้งเกี่ยวกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนและข้อเสนอแนะที่ต้องการให้ครูปรับปรุงการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร” ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. นำคำตอบที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มาวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยตรวจคำตอบทีละข้อ แล้วจัดกลุ่มคำตอบออกเป็น 5 กลุ่ม ตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994) ซึ่งแบ่งกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PU/SM) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน และมีแนวคิดบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

ไม่เข้าใจแนวคิด (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบอธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือไม่ตอบคำถามใดๆ

2. หาคำความถี่และคำนวณค่าร้อยละของความถี่ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

3. นำชิ้นงานของนักเรียนมาตรวจสอบความถูกต้องตามแนวคำตอบของแต่ละชิ้นงาน จัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนจากชิ้นงาน

4. นำอนุทินของนักเรียนในหัวข้อ “สิ่งที่ได้เรียนรู้” และ “ข้อสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้น” มาวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ตามแนวทางของ สุกงศ์ จันทวานิช (2555) จากนั้นจำแนกกลุ่มของข้อมูลที่ได้ตามแนวคิดของนักเรียน

5. นำข้อมูลที่ได้จากชิ้นงานและอนุทินของนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ได้หรือไม่ อย่างไร” ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. นำคำตอบที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงมาวิเคราะห์คำตอบรายข้อโดยอ่านคำตอบของนักเรียนทีละข้ออย่างละเอียด และจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994) โดยใช้ผู้ตรวจอิสระจำนวน 3 คน ร่วมวิเคราะห์ความถูกต้องของคำตอบและการจัดกลุ่มแนวคิด เพื่อหาความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability)

2. จับคู่ข้อคำถามจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงแต่ละข้อกับข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงในข้อคำถามที่ใช้แนวคิดเดียวกันในการแก้ปัญหา

3. กำหนดค่าคะแนนให้กับแต่ละกลุ่มแนวคิด ดังนี้

กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) กำหนดค่าคะแนนเป็น 4

กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) กำหนดค่าคะแนนเป็น 3

กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) กำหนดค่าคะแนนเป็น 2

กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) กำหนดค่าคะแนนเป็น 1

กลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด (NU) กำหนดค่าคะแนนเป็น 0

4. นำค่าคะแนนจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง และแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงในข้อที่ถูกจับคู่ไว้ ตามข้อ 2) มาหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด (Transfer Score) ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ซึ่งพัฒนามาจากเกณฑ์การให้คะแนนการถ่ายโอนแนวคิดของ Britton et al. (2007) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์ที่ใช้ในการหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด (Transfer Score)

คะแนน แบบวัดแนวคิด	4	3	2	1	0
คะแนนแบบวัด การถ่ายโอนแนวคิด	4 3 2 1 0	4 3 2 1 0	4 3 2 1 0	4 3 2 1 0	4 3 2 1 0
คะแนน การถ่ายโอนแนวคิด	16 12 8 0 0	12 9 6 0 0	8 6 4 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0

จากตารางที่ 6 คะแนนการถ่ายโอนแนวคิด หาได้จากการนำคะแนนแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด มาถ่วงน้ำหนักด้วยคะแนนแบบวัดแนวคิด เนื่องจากผู้วิจัยถือว่า ในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องใดๆ นักเรียนจะต้องมีแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ ก่อน จึงจะสามารถถ่ายโอนแนวคิดไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับ ปรีญดา สัตตัตนขจร (2549) และ Daniel, Varma and Martin (2008) ที่กล่าวว่า แนวคิดที่ถูกต้องในเรื่องใดๆ ถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้และการนำความรู้ไปประยุกต์ต่อไป ถ้านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องแล้ว จะสามารถประยุกต์แนวคิดไปใช้ใน

สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกันได้ ดังนั้น ถ้านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิด (NU) ซึ่งมีค่าคะแนนในแบบวัดแนวคิดเป็น 1 และ 0 ตามลำดับ ผู้วิจัยจะถือว่านักเรียนไม่มีแนวคิดในเรื่องนั้นๆ และไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ จึงส่งผลให้มีค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิดเป็น 0 นอกจากนี้ ถ้านักเรียนไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดในเรื่องนั้นๆ ได้ กล่าวคือ นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิด (NU) ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์การถ่ายโอนแนวคิดที่กำหนด ซึ่งจะมีค่าคะแนนในแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเป็น 1 และ 0 ตามลำดับ ผู้วิจัยจะถือว่านักเรียนไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ ถึงแม้ว่านักเรียนจะมีแนวคิดในเรื่องนั้นๆ ก็ตาม จึงทำให้มีคะแนนการถ่ายโอนแนวคิดเป็น 0 ด้วยเช่นกัน

5. นำค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิดที่ได้ไปจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด ดังนี้

กลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์ (Complete Transfer: CT) มีค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิดระหว่าง 9 ถึง 16

กลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (Partial Transfer: PT) มีค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิดระหว่าง 4 ถึง 8

กลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (No Transfer: NT) มีค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิดเท่ากับ 0

6. นำชิ้นงานของนักเรียนมาตรวจสอบความถูกต้องตามแนวคำตอบของแต่ละชิ้นงาน จัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนจากชิ้นงาน

7. นำอนุทินของนักเรียนในหัวข้อ “การนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ประโยชน์” มาวิเคราะห์เนื้อหา จากนั้นจำแนกกลุ่มของข้อมูลที่ได้ตามแนวคิดของนักเรียน

8. นำข้อมูลที่ได้จากชิ้นงาน และอนุทินของนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 3

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 3 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ควร มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร เพื่อช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแนวคิดที่ถูกต้องและ เกิดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องแสง” ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึก หลังสอนของครู อนุทินของนักเรียน และวิดีโอที่บันทึกการสอน โดยผู้วิจัยมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. นำบันทึกหลังสอนของครู และอนุทินของนักเรียน จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มา อ่านอย่างละเอียด โดยแยกอ่านทีละประเด็น ได้แก่ พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปัญหาหรือ อุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ การสรุปเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
2. จัดจำแนกกลุ่มของข้อมูลที่ได้จากการอ่านบันทึกหลังสอนของครู และอนุทินของ นักเรียน โดยแยกตามประเด็น
3. สรุปจุดเด่น จุดด้อย ปัญหาสำคัญที่พบ แนวทางการแก้ไขปัญหา และแนวทางการ จัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องแสงของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
4. ทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 กับแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหลืออีก 7 แผน
5. นำข้อสรุปที่ได้จากแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มาอ่านอย่างละเอียดอีกครั้ง เพื่อหา รูปแบบในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอน แนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน
6. สรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยให้นักเรียนมี แนวคิดวิทยาศาสตร์และมีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

การศึกษการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อตอบคำถามวิจัย 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ได้หรือไม่ อย่างไร
3. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ควรมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ อย่างไร เพื่อช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและเกิดการถ่ายโอนแนวคิดในเรื่องแสง

ดังนั้น ในการนำเสนอผลการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ตอน เพื่อให้สอดคล้องกับคำถามวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

ตอนที่ 2 การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

ตอนที่ 1 การพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ชั้นงานของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน ผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

แนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

ตารางที่ 7 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	3 (6%)	19 (38%)	17 (34%)	23 (46%)	2 (4%)	3 (6%)	27 (54%)	5 (10%)	1 (2%)	0 (0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับอัตราเร็วของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง 3 แหล่ง ได้แก่ ดวงอาทิตย์ หลอดไฟฟ้า และเทียนไข ที่เคลื่อนที่ในสุญญากาศ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 7 จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 54) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนเข้าใจว่า อัตราเร็วแสงขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิด โดยแสงจากแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่จะมีอัตราเร็วมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิดขนาดเล็ก นอกจากนี้ พบว่านักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 34) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า อัตราเร็วแสงไม่ขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิด แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่า แสงจาก

แหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน และไม่ได้ระบุค่าอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46) สามารถพัฒนาแนวคิดเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) ซึ่งสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่าอัตราเร็วแสงไม่ขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง และอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที แต่ไม่ได้อธิบายว่าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ไม่เท่ากัน โดยแสงจากหลอดไฟฟ้าและเทียนไขมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่น้อยกว่าอัตราเร็วแสงจากดวงอาทิตย์ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 6) แสงจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติจะมีอัตราเร็วมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น

(NO.2: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 1, มกราคม 2556)

ไม่เท่ากัน โดยแสงจากดวงอาทิตย์มีอัตราเร็วมากที่สุด รองลงมาคือหลอดไฟฟ้า และเทียนไข ตามลำดับ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) แสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน

(NO.29: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 1, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

เท่ากัน เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) อัตราเร็วแสงไม่ขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง 5) อัตราเร็วแสงจากแหล่งกำเนิดทั้ง 3 ในสุญญากาศจะมีค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที

(NO.2: แบบวัดแนวคิด หลังเรียน ข้อ 1, มีนาคม 2556)

เท่ากัน เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) แสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน 5) อัตราเร็วแสงจากแหล่งกำเนิดทั้ง 3 ในสุญญากาศจะมี

ค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที

(NO.29: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 1, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 38 สามารถพัฒนาแนวคิดเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า อัตราเร็วแสงไม่ขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิด แสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน และอัตราเร็วแสงในสุญญากาศมีค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 54 เป็นร้อยละ 10 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ไม่เท่ากัน โดยแสงจากหลอดไฟฟ้าและเทียนไขมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่น้อยกว่าอัตราเร็วแสงจากดวงอาทิตย์ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) อัตราเร็วแสงขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง 4) แสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน 7) แสงจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่จะมีอัตราเร็วมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็ก

(NO.27: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 1, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

ไม่เท่ากัน โดยแสงจากหลอดไฟฟ้าและเทียนไขมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่น้อยกว่าอัตราเร็วแสงจากดวงอาทิตย์ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) อัตราเร็วแสงขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง 4) แสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน 5) อัตราเร็วแสงจากแหล่งกำเนิดทั้ง 3 ในสุญญากาศจะมีค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที 7) แสงจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่จะมีอัตราเร็วมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็ก

(NO.27: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 1, มีนาคม 2556)

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม และอนุทินของนักเรียน กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของแสงที่เดินทางออกมาจากเทียนไข

และไฟฉาย นักเรียนจำนวนหนึ่งในสามของนักเรียนทั้งหมด สามารถอธิบายได้ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า “แสงที่เคลื่อนที่ออกมาจากเทียนไขและไฟฉาย มีลักษณะเป็นเส้นตรง พุ่งออกไปทุกทิศทุกทาง เคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ถ้าเคลื่อนที่ในสุญญากาศจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที” และสอดคล้องกับอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

“แสงเดินทางเป็นเส้นตรง ด้วยอัตราเร็วในสุญญากาศ 3×10^8 เมตรต่อวินาที แสงจะเคลื่อนที่ได้เร็วเท่ากันไม่ว่าจะเป็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงใดๆ”

(NO.31: อนุทินของนักเรียน, 29 มกราคม 2556)

“แสงเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง โดยแสงถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดทุกทิศทุกทาง แสงที่เคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกันจะเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอะไรก็ตาม ในสุญญากาศแสงจะเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที”

(NO.45: อนุทินของนักเรียน, 29 มกราคม 2556)

แนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

ตารางที่ 8 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. กฎการสะท้อน	0	5	20	33	13	4	17	8	0	0
	(0%)	(10%)	(40%)	(66%)	(26%)	(8%)	(34%)	(16%)	(0%)	(0%)
2. ตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ	1	2	10	24	6	10	33	14	0	0
	(2%)	(4%)	(20%)	(48%)	(12%)	(20%)	(66%)	(28%)	(0%)	(0%)
3. ลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ	1	2	5	9	26	29	18	10	0	0
	(2%)	(4%)	(10%)	(18%)	(52%)	(58%)	(36%)	(20%)	(0%)	(0%)
4. ภาพที่เกิดจากกระจกเว้า	0	20	11	6	3	7	35	17	1	0
	(0%)	(40%)	(22%)	(12%)	(6%)	(14%)	(70%)	(34%)	(2%)	(0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน
 SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจ
 แนวคิด

แนวคิดเกี่ยวกับกฎการสะท้อน

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสง ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนของแสง จากรูป a b c และ d แล้วให้นักเรียนระบุว่าการสะท้อนของแสงในข้อใดบ้างที่เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง พร้อมเลือกเหตุผลประกอบจากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุได้ถูกต้องว่าภาพใดเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ตามกฎการสะท้อนของแสงมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน สามารถระบุมุมตกกระทบและมุมสะท้อนจากภาพที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงว่า รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจะอยู่ในระนาบเดียวกัน นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 34 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนเข้าใจว่า ตามกฎการสะท้อนของแสง มุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงว่า รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจะอยู่ในระนาบเดียวกัน และนักเรียนไม่สามารถระบุมุมตกกระทบและมุมสะท้อนจากภาพที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสง โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 66) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุได้ถูกต้องว่าภาพใดเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ตามกฎการสะท้อนของแสง มุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน สามารถระบุมุมตกกระทบและมุมสะท้อนจากภาพที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงว่า รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจะอยู่ในระนาบเดียวกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

รูป a เท่านั้น เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

(NO.15: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียน ข้อ 2, มกราคม 2556)

รูป b เท่านั้น เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

(NO.16: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 2, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

รูป c เท่านั้น เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน 4) มุมตกกระทบในข้อ a - d มีค่าเท่ากับ 60° , 30° , 15° และ 75° ตามลำดับ 7) มุมสะท้อนในข้อ a - d มีค่าเท่ากับ 30° , 60° , 15° และ 15° ตามลำดับ

(NO.15: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 2, มีนาคม 2556)

รูป c เท่านั้น เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน 4) มุมตกกระทบในข้อ a - d มีค่าเท่ากับ 60° , 30° , 15° และ 75° ตามลำดับ 7) มุมสะท้อนในข้อ a - d มีค่าเท่ากับ 30° , 60° , 15° และ 15° ตามลำดับ

(NO.16: แบบวัดแนวคิด หลังเรียน ข้อ 2, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 10 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องกฎการสะท้อนของแสง เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน และสามารถระบุได้ว่า มุมตกกระทบ คือ มุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นแนวฉาก และมุมสะท้อน คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นแนวฉาก

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 34 เป็นร้อยละ 16 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมุมตกกระทบและมุมสะท้อน โดยนักเรียนเข้าใจว่า “มุมตกกระทบเป็นมุมที่

รังสีสะท้อนทำกับแนวรอยต่อระหว่างตัวกลาง และมุมสะท้อนเป็นมุมที่รังสีสะท้อนทำกับแนวรอยต่อระหว่างตัวกลาง”

แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับตำแหน่งภาพของวัตถุที่วางไว้หน้ากระจกเงาราบ จากผู้สังเกต 2 คน ที่อยู่คนละตำแหน่งกัน จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 8 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 66) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) นักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งของภาพที่สังเกตจากผู้สังเกตทั้ง 2 คน ได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่า ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีระยะภาพขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 20 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสังเกตของผู้สังเกต 2 คน ได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงตำแหน่งของผู้สังเกต และไม่ได้ระบุระยะวัตถุ และระยะภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 48) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสังเกตของผู้สังเกต 2 คน ได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ แต่นักเรียนไม่ได้ระบุระยะวัตถุและระยะภาพจากสถานการณ์ที่กำหนด หรือกล่าวถึงตำแหน่งของผู้สังเกต ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่ง A และ C เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 7) ผู้สังเกต X และ Y จะเห็นระยะวัตถุเท่ากับ XZ และ YZ และเห็นระยะภาพเท่ากับ OA และ OC ตามลำดับ

(NO.19: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 3, มกราคม 2556)

จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่ง B และ D เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ จะมีระยะภาพขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต 3) ภาพที่เกิดหน้ากระจกเงาราบ จะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ

(NO.39: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 3, มกราคม 2556)

จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่ง B และ D เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ จะมีระยะภาพขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต

(NO.45: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียน ข้อ 3, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่ง B และ B เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) ภาพที่เกิดหน้ากระจกเงาราบ จะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ

(NO.19: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 3, มีนาคม 2556)

จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่ง B และ B เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) ภาพที่เกิดหน้ากระจกเงาราบ จะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ 5) ผู้สังเกต X และ Y จะเห็นระยะวัตถุเท่ากับ OZ และเห็นระยะภาพเท่ากับ ZB

(NO.39: แบบวัดแนวคิด หลังเรียน ข้อ 3, มีนาคม 2556)

จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่ง B และ B เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ จะมีระยะภาพที่ไม่ขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต 3) ภาพที่เกิดหน้ากระจกเงาราบ จะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ

(NO.45: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 3, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 4 สามารถพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสังเกตของผู้สังเกต 2 คน ได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีระยะภาพที่ไม่ขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต โดยภาพที่เกิดหน้ากระจกเงาราบจะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และสามารถระบุระยะวัตถุและระยะภาพจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 66 เป็นร้อยละ 28 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ โดยนักเรียนเข้าใจว่า “ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ จะมีระยะภาพขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต” และนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการวัดระยะวัตถุและระยะภาพด้วย

แนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจก 4 บาน จากนั้นให้นักเรียนระบุภาพใดบ้างเป็นภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 8 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 52) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุ แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุชนิดและลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 36 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีความสูงเท่าใดก็ได้ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 58) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) เพิ่มขึ้น โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุและเป็นภาพหัวตั้งเสมอ แต่นักเรียนระบุชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบว่าเป็นภาพจริง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

B และ C เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวกลับเสมอ

(NO.5: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 4, มกราคม 2556)

B และ C เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 5) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวตั้งหรือภาพหัวกลับก็ได้ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ

(NO.21: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 4, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

A และ D เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 5) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวตั้งหรือภาพหัวกลับก็ได้ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ 6) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุ

(NO.5: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 4, มีนาคม 2556)

A และ D เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพจริง 3) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวตั้งเสมอ 6) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุ

(NO.21: แบบวัดแนวคิด หลังเรียน ข้อ 4, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 4 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง และมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุ

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนที่บันทึกแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังนี้

“เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาราบ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง มีขนาดและลักษณะเหมือนวัตถุ แต่มีลักษณะกลับซ้ายเป็นขวา เมื่อวัดระยะภาพจะมีค่าเท่ากับระยะวัตถุเสมอ”

(NO.28: อนุทินของนักเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

“กระจกเงาราบจะได้ภาพหัวตั้งเหมือนวัตถุ เป็นภาพเสมือน มีขนาดภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ แต่ภาพเป็นภาพกลับซ้ายกลับขวา และระยะภาพจะต้องเท่ากับระยะวัตถุ”

(NO.44: อนุทินของนักเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 36 เป็นร้อยละ 20 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ โดยนักเรียนเข้าใจว่า “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเป็นภาพจริง”

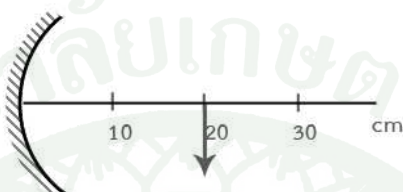
แนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับกระจกเงาราบ ผู้วิจัยให้นักเรียนระบุและอธิบายเกี่ยวกับตำแหน่งและขนาดของภาพจากวัตถุที่วางไว้หน้ากระจกเงาราบที่มีความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 8 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัส เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง หรือเป็นภาพจริงหัวตั้ง หรือเป็นภาพจริงหัวกลับ ขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่าวัตถุ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 22 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัส เป็นภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ แต่ไม่ระบุระยะภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดได้ถูกต้อง สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

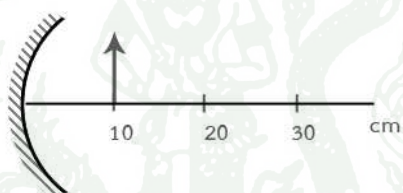
ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเว้า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัส เป็นภาพจริง หักกลับ ขนาดย่อ และสามารถคำนวณหาระยะภาพที่เกิดจากกระจกเว้าได้ถูกต้อง ดังตัวอย่าง คำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริงหักกลับ ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ

(NO.20: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 5, มกราคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ภาพที่เกิดจากกระจกเว้าเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอ 4) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริงหัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ 6) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 10 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก

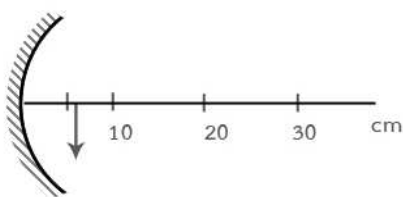
(NO.25: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 5, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริงหักกลับ ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ 5) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 6.67 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก

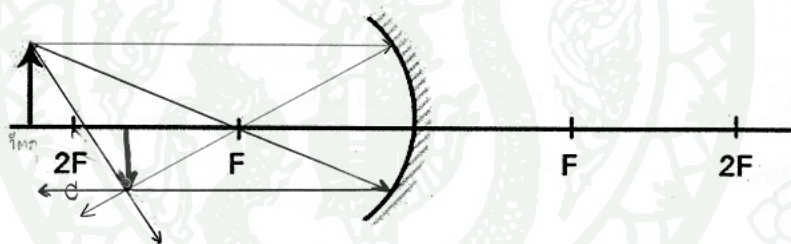
(NO.20: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 5, มีนาคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริงหัวกลับ ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ
5) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 6.67 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก

(NO.25: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 5, มีนาคม 2556)

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากกระจกเว้า พร้อมบอกลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเว้า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัส และคำนวณหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเว้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจำนวนครึ่งหนึ่งของนักเรียนทั้งหมด สามารถเขียนรังสีของแสงและอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง ดังนี้



ตำแหน่งระหว่าง F และ $2F$

ลักษณะของภาพที่เกิด

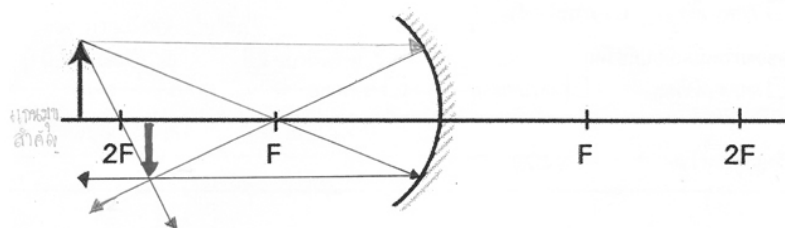
- | | |
|---|--|
| ☒ ภาพจริง | ☐ ภาพเสมือน |
| ☐ ภาพหัวตั้ง | ☒ ภาพหัวกลับ |

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

- | | | |
|--|-----------------------------------|---|
| ☐ ขนาดเท่าวัตถุ | ☐ ขนาดขยาย | ☒ ขนาดย่อ |
|--|-----------------------------------|---|

คำตอบของนักเรียน

(NO.20: ใบกิจกรรมที่ 11, 6 กุมภาพันธ์ 2556)



ลักษณะของภาพที่เกิด

- ☒ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน
☐ ภาพหัวตั้ง ☒ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

- ☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☒ ขนาดย่อ

คำตอบของนักเรียน

(NO.25: ใบกิจกรรมที่ 11, 6 กุมภาพันธ์ 2556)

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 70 เป็นร้อยละ 34 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงา โดยนักเรียนเข้าใจว่า “ภาพที่เกิดจากกระจกเงาเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอ” และนักเรียนไม่สามารถกำหนดตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้

แนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกนูน

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกนูน ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับลักษณะและตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกนูนที่มีความยาวโฟกัส 6 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุห่างจากกระจกเป็นระยะ 3 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 8 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 82) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) นักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่า ภาพที่เกิดจากกระจกนูน เป็นภาพจริง หัวกลับหรือเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดขยาย

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกนูน โดยนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 20

โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกนูนเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใด แต่ไม่ได้ระบุระยะภาพที่เกิดจากกระจกนูน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ภาพเสมือน ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ

(NO.20: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 6, มกราคม 2556)

ภาพเสมือน ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพจริงหัวกลับ ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ

(NO.32: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 6, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

ภาพเสมือน ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ

(NO.20: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 6, มีนาคม 2556)

ภาพเสมือน ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ

(NO.32: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 6, มีนาคม 2556)

และนักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 24

โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่าภาพที่เกิดจากกระจกนูน เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อเสมอ ไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใด แต่ระยะระยะภาพที่เกิดจากกระจกนูนไม่ถูกต้อง

นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 10 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องภาพที่เกิดจากกระจกนูน เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ภาพที่เกิดจากกระจกนูนเป็น ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อเสมอ ไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใด และสามารถคำนวณระยะภาพที่เกิดจาก กระจกนูนได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ภาพจริง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ 2) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพจริงหัวกลับ ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอ ไม่ว่าจะวาง วัตถุที่ระยะใดๆ 3) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอ ไม่ จะวางวัตถุที่ระยะใดๆ

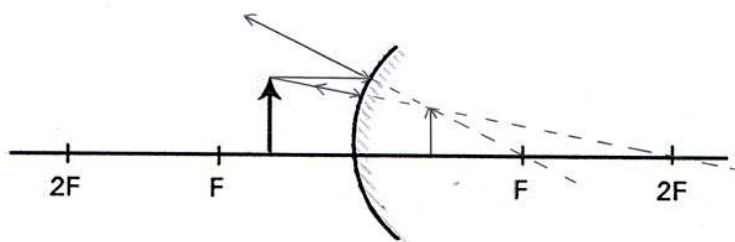
(NO.1: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 6, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

ภาพเสมือน ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส เหตุผลที่เลือก คำตอบนี้เพราะ 3) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอ ไม่ จะวางวัตถุที่ระยะใดๆ 5) ภาพที่เกิดขึ้นที่ระยะ 2 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก

(NO.1: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 6, มีนาคม 2556)

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ ให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากกระจกนูน พร้อมบอกลักษณะของภาพที่เกิด จากกระจกนูน เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะน้อยกว่าความยาวโฟกัส นักเรียนจำนวนหนึ่งในสามของ นักเรียนทั้งหมด สามารถเขียนรังสีของแสงและอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง ดังนี้



ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง

☒ ภาพเสมือน

☒ ภาพหัวตั้ง

☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ

☐ ขนาดขยาย

☒ ขนาดย่อ

คำตอบของนักเรียน

(NO.1: ใบกิจกรรมที่ 11, 6 กุมภาพันธ์ 2556)

แนวคิดเกี่ยวกับการหักเหของแสง

ตารางที่ 9 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหักเหของแสง

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. กฎการหักเห	0 (0%)	6 (12%)	6 (12%)	5 (10%)	15 (30%)	28 (56%)	29 (58%)	11 (22%)	0 (0%)	0 (0%)
2. มุมวิกฤต	0 (0%)	3 (6%)	1 (2%)	6 (12%)	8 (16%)	23 (46%)	40 (80%)	18 (36%)	1 (2%)	0 (0%)
3. การสะท้อนกลับหมด	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (14%)	3 (6%)	21 (42%)	46 (92%)	22 (44%)	1 (2%)	0 (0%)
4. นิยามความลึกจริง ความลึกปรากฏ	0 (0%)	16 (32%)	5 (10%)	2 (4%)	13 (26%)	15 (30%)	32 (64%)	17 (34%)	0 (0%)	0 (0%)
5. ความลึกจริง ความ ลึกปรากฏ	0 (0%)	4 (8%)	17 (34%)	16 (32%)	14 (28%)	16 (32%)	19 (38%)	14 (28%)	0 (0%)	0 (0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจ

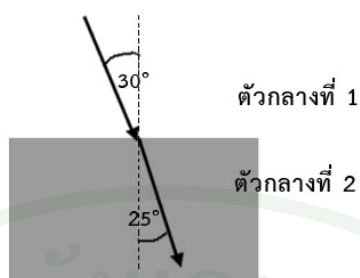
แนวคิด

แนวคิดเกี่ยวกับกฎการหักเห

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับกฎการหักเห ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพแสดงการหักเหของแสงในตัวกลางคู่หนึ่ง ซึ่งกำหนดค่ามุมตกกระทบและมุมหักเหมาให้ แล้วให้นักเรียนระบุว่าภาพใดบ้างแสดงการหักเหของแสงที่เกิดขึ้นในตัวกลางเดียวกับภาพที่กำหนดให้ จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 9 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 58) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุภาพที่แสดงการหักเหของแสงที่เกิดขึ้นในตัวกลางเดียวกับภาพที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับกฎการหักเหของแสงว่า สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมหักเหจะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่ามุมตกกระทบจะมีค่าใดๆ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 30 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่แสดงการหักเหของแสงที่เกิดขึ้นในตัวกลางเดียวกับภาพที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ตามกฎการหักเหของแสง รังสีตกกระทบ รังสีหักเห และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน และสำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่ามากกว่ามุมหักเหเสมอ

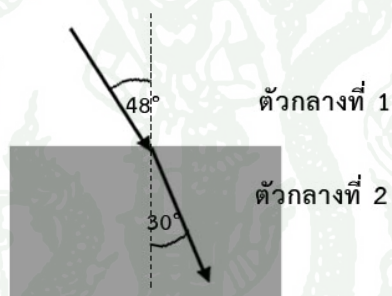
หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับกฎการหักเห โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 56) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่แสดงการหักเหของแสงที่เกิดขึ้นในตัวกลางเดียวกับภาพที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ตามกฎการหักเหของแสง สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัวเสมอ และรังสีตกกระทบ รังสีหักเห และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่ามากกว่ามุมหักเหเสมอ หรือรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติเสมอ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ 6) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่าน้อยกว่ามุมหักเหเสมอ

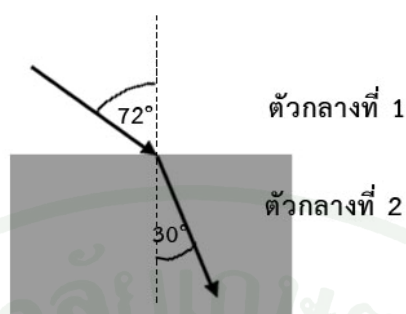
(NO.43: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 7, มกราคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติเสมอ 4) ตามกฎการหักเหของแสง คือ สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัวเสมอ 7) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมหักเหจะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่ามุมตกกระทบจะมีค่าใดๆ

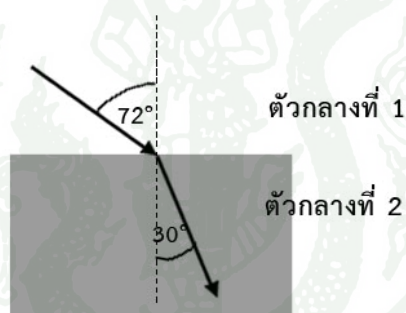
(NO.49: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 7, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ 5) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่ามากกว่ามุมหักเหเสมอ

(NO.43: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 7, มีนาคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติเสมอ 4) ตามกฎการหักเหของแสง คือ สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัวเสมอ

(NO.49: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 7, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 12 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องกฎการหักเหเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การหักเหของแสงเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง คือ สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัวเสมอ และรังสีตกกระทบ รังสีหักเห และเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนที่บันทึกแนวคิดเกี่ยวกับกฎการหักเห ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังนี้

“แสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางคนละตัวกลางจะเกิดการหักเห ทำให้ทางเดินของแสงเบนไปจากแนวเดิม ตามกฎการหักเหของแสง คือ ตัวกลางคู่ใดๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหจะมีค่าคงที่ และรังสีตกกระทบ รังสีหักเห และเส้นแนวฉากวางอยู่บนระนาบอันเดียวกัน”

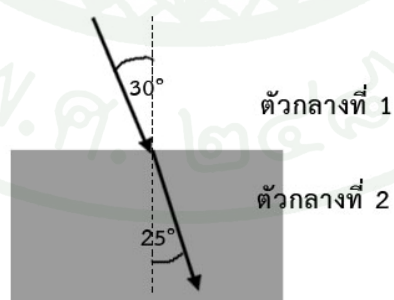
(NO.11: อนุทินของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2556)

“แสงจะเกิดการหักเหเป็นไปตามกฎการหักเห คือ ในตัวกลางคู่ๆ หนึ่ง อัตราส่วนของค่าไซน์ของมุมตกกระทบกับค่าไซน์ของมุมหักเหจะมีค่าเท่ากัน และรังสีทุกรังสีและเส้นแนวฉากจะต้องอยู่ในระนาบเดียวกันด้วย”

(NO.16: อนุทินของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2556)

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 58 เป็นร้อยละ 22 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกฎการหักเหของแสง โดยนักเรียนเข้าใจว่า “สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมหักเหจะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่ามุมตกกระทบจะมีค่าเท่าใด” ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

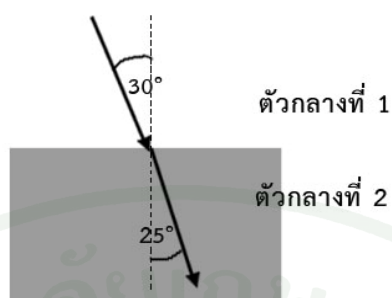
คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 5) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่ามากกว่ามุมหักเหเสมอ 7) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมหักเหจะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่ามุมตกกระทบจะมีค่าใด

(NO.3: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 7, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 7) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมหักเหจะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่ามุมตกกระทบจะมีค่าใดๆ

(NO.3: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 7, มีนาคม 2556)

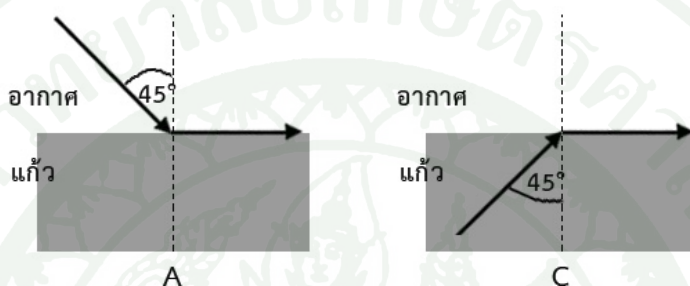
แนวคิดเกี่ยวกับมุมวิกฤต

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับมุมวิกฤต ผู้วิจัยให้นักเรียนระบุภาพรังสีของแสงเพื่อแสดงว่า มุมวิกฤตของแก้วมีค่า 45 องศา จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 9 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุภาพเพื่อแสดงว่ามุมวิกฤตของแก้วมีค่า 45 องศาได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่า มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับมุมวิกฤต คือ มีค่าเท่ากับ 45 องศา หรือมุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 16 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพเพื่อแสดงว่ามุมวิกฤตของแก้วมีค่า 45 องศา ได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า มุมวิกฤตเกิดขึ้นจากการหักเหของแสง เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงค่าดัชนีหักเหของแสง

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับมุมวิกฤตโดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพเพื่อแสดงว่ามุมวิกฤตของแก้วมีค่า 45 องศา ได้ถูกต้อง และสามารถ

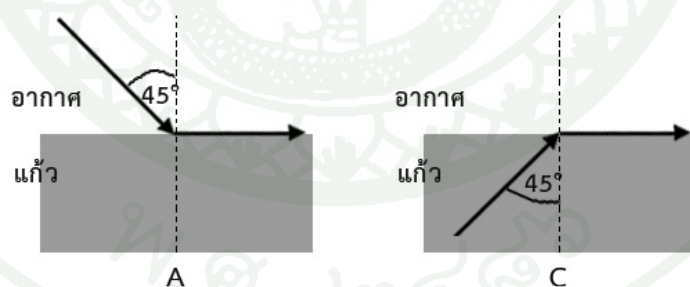
อธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า มุมวิกฤตเกิดขึ้นเมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำผ่านเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา 5) มุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำผ่านเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า

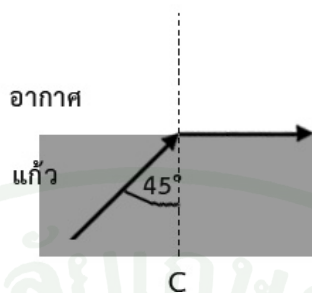
(NO.26: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 8, มกราคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 0 องศา 5) มุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำผ่านเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า

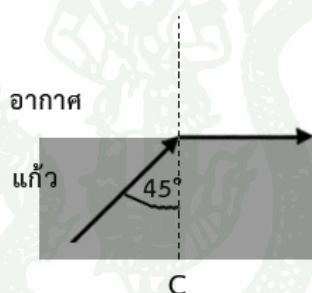
(NO.44: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 8, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา 7) มุมวิกฤตเกิดขึ้นจากการหักเหของแสง เมื่อเดินทางจากตัวหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงค่าดัชนีหักเห

(NO.26: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 8, มีนาคม 2556)



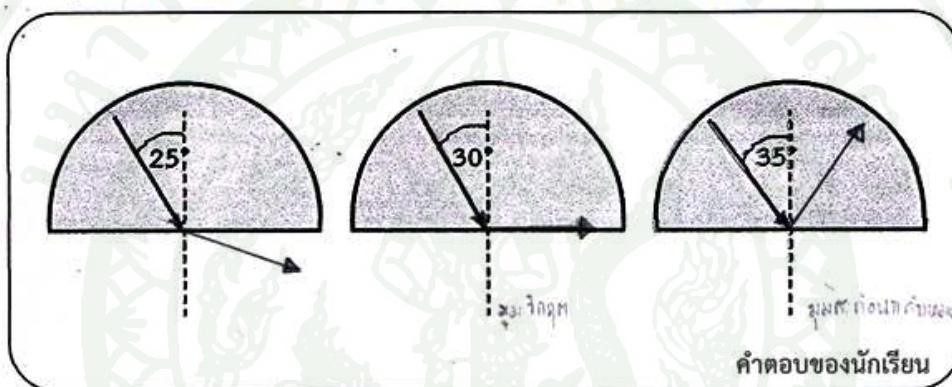
เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา 5) มุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำผ่านเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่า

(NO.44: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 8, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 6 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องมุมวิกฤต จากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) นักเรียนสามารถระบุภาพเพื่อแสดงว่า มุมวิกฤตของแก้วมีค่า 45 องศาได้ถูกต้องโดยสามารถอธิบายได้ว่า มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา และมุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่า

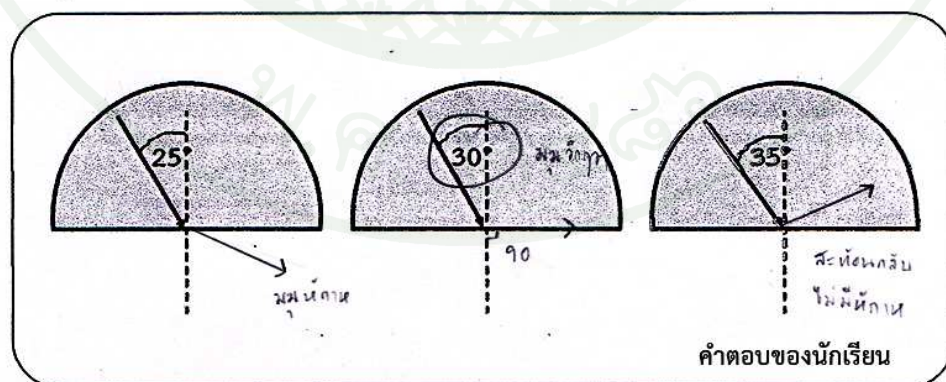
ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านแท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 25, 30 และ 45 องศา ตามลำดับ กำหนดให้เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่แท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 30 องศา จะทำให้รังสีของแสงจากแท่งแก้วที่เคลื่อนที่ออกสู่อากาศเบนไปเป็นมุม 90 องศา นักเรียนจำนวนหนึ่งในห้าของนักเรียนทั้งหมดเท่านั้นที่สามารถเขียนรังสีของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านแท่งแก้วดังกล่าวได้ถูกต้อง ดังนี้

1. จากการทดลองฉายแสงตกกระทบแท่งแก้วรูปครึ่งวงกลมพบว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่แท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 30 องศา จะทำให้รังสีของแสงจากแท่งแก้วที่เคลื่อนที่ออกสู่อากาศเบนไปเป็นมุม 90 องศา จงวาดรูปรังสีของแสงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านแท่งแก้ว ด้วยมุมต่างๆ ดังนี้



(NO.16: ใบกิจกรรมที่ 17, 13 กุมภาพันธ์ 2556)

1. จากการทดลองฉายแสงตกกระทบแท่งแก้วรูปครึ่งวงกลมพบว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่แท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 30 องศา จะทำให้รังสีของแสงจากแท่งแก้วที่เคลื่อนที่ออกสู่อากาศเบนไปเป็นมุม 90 องศา จงวาดรูปรังสีของแสงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านแท่งแก้ว ด้วยมุมต่างๆ ดังนี้

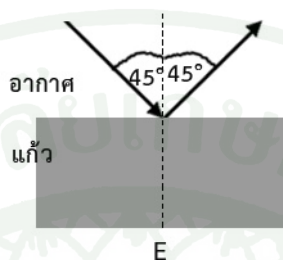


(NO.38: ใบกิจกรรมที่ 17, 13 กุมภาพันธ์ 2556)

และจากการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 80 เป็นร้อยละ 36 โดยนักเรียนมีความเข้าใจ

คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมุมวิกฤต โดยนักเรียนเข้าใจว่า “มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบ” ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

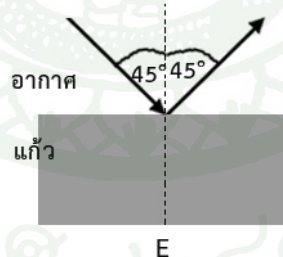
คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบ 3) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 45 องศา 5) มุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำผ่านเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า

(NO.49: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 8, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบ 3) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 45 องศา

(NO.49: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 8, มีนาคม 2556)

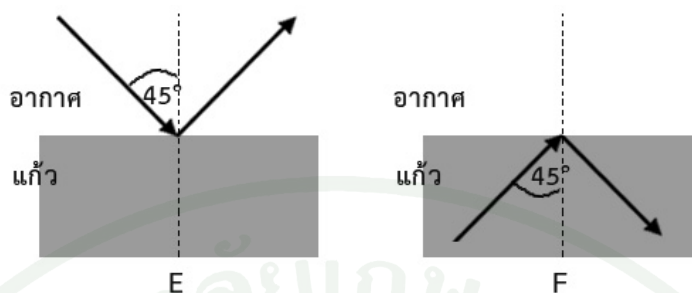
แนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมด

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมด ผู้วิจัยให้นักเรียนระบุภาพรังสีของแสงที่เคลื่อนที่จากอากาศเข้าสู่แก้ว เพื่อแสดงการสะท้อนกลับหมดของแสง เมื่อมุมวิกฤตของแก้วมีค่า 45 องศา จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 9 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 92) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุภาพเพื่อแสดงการสะท้อนกลับหมดของแก้วที่มีมุมวิกฤต 45 องศาได้ถูกต้อง โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมวิกฤต

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมด โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพเพื่อแสดงการสะท้อนกลับหมดของแก้วที่มีมุมวิกฤต 45 องศาได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต แต่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า การสะท้อนกลับหมด เกิดจากการเดินทางของแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่า หรือการสะท้อนกลับหมดเป็นปรากฏการณ์ที่รังสีของแสงไม่หักเหเข้าไปในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่า

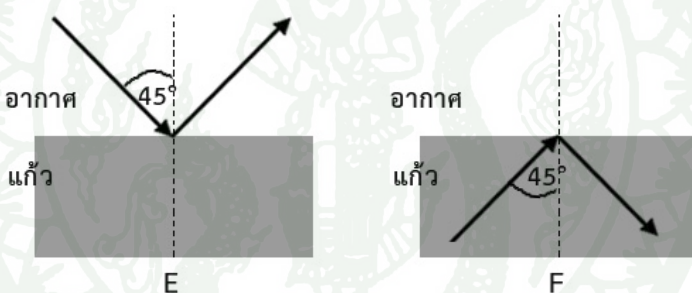
นอกจากนี้ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 14 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องการสะท้อนกลับหมดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพเพื่อแสดงการสะท้อนกลับหมดของแก้วที่มีมุมวิกฤต 45 องศาได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต การสะท้อนกลับหมดเกิดจากการเดินทางของแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่า หรือการสะท้อนกลับหมดเป็นปรากฏการณ์ที่รังสีของแสงไม่หักเหเข้าไปในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่า ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับ มุมวิกฤต

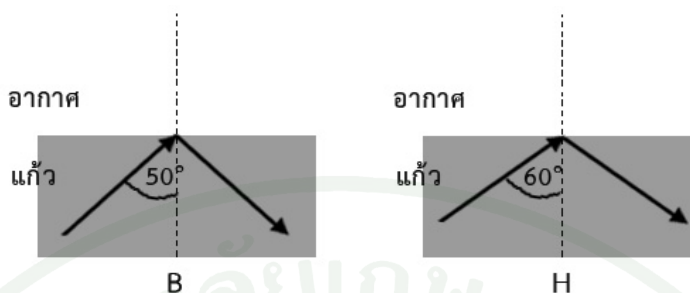
(NO.1: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 9, มกราคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับ มุมวิกฤต

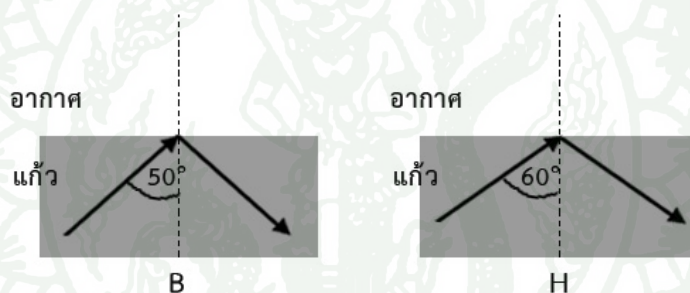
(NO.20: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 9, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต

(NO.1: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 9, มีนาคม 2556)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต 4) การสะท้อนกลับหมด เกิดจากการเดินทางของแสงจากจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยกว่า

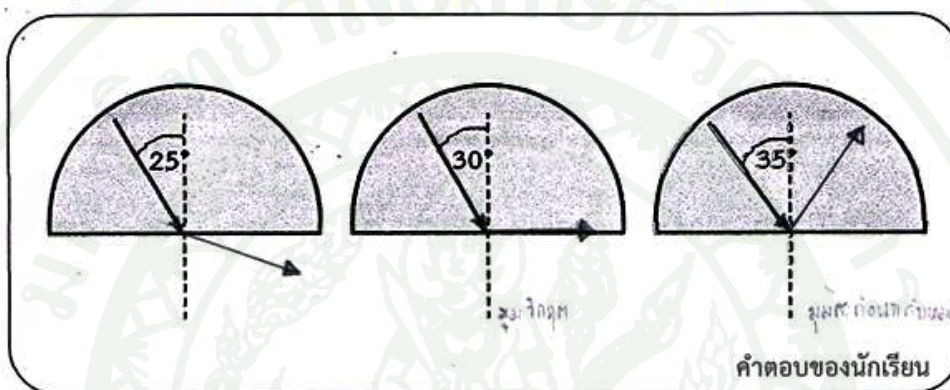
(NO.20: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 9, มีนาคม 2556)

จากผลการศึกษาพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) เกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมด แต่หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 80 เป็นร้อยละ 36 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดว่า “การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมวิกฤต”

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านแท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 25,

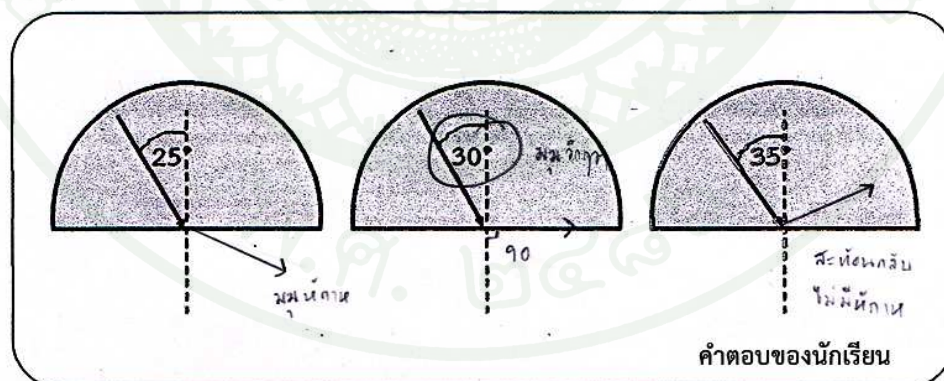
30 และ 45 องศา ตามลำดับ กำหนดให้เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่แท่งแก้ว โดยมีมุมตกกระทบ 30 องศา จะทำให้รังสีของแสงจากแท่งแก้วที่เคลื่อนที่ออกสู่อากาศเบนไปเป็นมุม 90 องศา นักเรียนจำนวนหนึ่งในห้าของนักเรียนทั้งหมดเท่านั้นที่สามารถเขียนรังสีของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านแท่งแก้วในกรณีดังกล่าวได้ถูกต้อง ดังนี้

1. จากการทดลองฉายแสงตกกระทบแท่งแก้วรูปครึ่งวงกลมพบว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่แท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 30 องศา จะทำให้รังสีของแสงจากแท่งแก้วที่เคลื่อนที่ออกสู่อากาศเบนไปเป็นมุม 90 องศา จงวาดรูปร่างรังสีของแสงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านแท่งแก้ว ด้วยมุมต่างๆ ดังนี้



(NO.16: ใบกิจกรรมที่ 17, 13 กุมภาพันธ์ 2556)

1. จากการทดลองฉายแสงตกกระทบแท่งแก้วรูปครึ่งวงกลมพบว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่แท่งแก้วโดยมีมุมตกกระทบ 30 องศา จะทำให้รังสีของแสงจากแท่งแก้วที่เคลื่อนที่ออกสู่อากาศเบนไปเป็นมุม 90 องศา จงวาดรูปร่างรังสีของแสงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านแท่งแก้ว ด้วยมุมต่างๆ ดังนี้



(NO.38: ใบกิจกรรมที่ 17, 13 กุมภาพันธ์ 2556)

แนวคิดเกี่ยวกับนิยามของความลึกจริงและความลึกปรากฏ

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับนิยามของความลึกจริงและความลึกปรากฏ ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพผู้สังเกตที่กำลังมองปลาที่อยู่ในน้ำ แล้วให้นักเรียนระบุตำแหน่งความลึกจริงและความลึกปรากฏ พร้อมอธิบายการนิยามความลึกจริงและความลึกปรากฏ จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 9 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 64) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) นักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งความลึกจริงและความลึกปรากฏได้ถูกต้อง และนักเรียนไม่สามารถให้นิยามของความลึกจริงและความลึกปรากฏได้ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 26 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งความลึกจริงและความลึกปรากฏได้ถูกต้อง และสามารถให้นิยามของความลึกจริงได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ความลึกจริงเป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามแนวตั้ง แต่นักเรียนให้นิยามของความลึกปรากฏคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ความลึกปรากฏเป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผู้สังเกตไปยังภาพตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับนิยามของความลึกจริงและความลึกปรากฏ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 32) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งความลึกจริงและความลึกปรากฏได้ถูกต้อง และสามารถให้นิยามของความลึกจริงและความลึกปรากฏได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ความลึกจริงเป็นระยะจริงวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามแนวตั้ง และความลึกปรากฏเป็นระยะภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพตามแนวตั้ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ระยะ AC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ AB เรียกว่า ความลึกปรากฏ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 5) ความลึกปรากฏเป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพตามแนวตั้ง

(NO.1: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 10, มกราคม 2556)

ระยะ AC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ AB เรียกว่า ความลึกปรากฏ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ความลึกจริงเป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง 4) ความลึกปรากฏเป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง

(NO.20: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 10, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

ระยะ OC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ OB เรียกว่า ความลึกปรากฏ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ความลึกจริงเป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามแนวตั้ง 5) ความลึกปรากฏเป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพตามแนวตั้ง

(NO.1: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 10, มีนาคม 2556)

ระยะ OC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ OB เรียกว่า ความลึกปรากฏ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ความลึกจริงเป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามแนวตั้ง 5) ความลึกปรากฏเป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพตามแนวตั้ง

(NO.20: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 10, มีนาคม 2556)

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนที่บันทึกเกี่ยวกับนิยามความลึกจริงและความลึกปรากฏ ดังนี้

“ความลึกจริงและความลึกปรากฏเป็นปรากฏการณ์ที่เรามองเห็นภาพมีตำแหน่งไม่ตรงกับตำแหน่งเดิมของวัตถุ เวลาที่เราวัดความลึกจริงจะวัดจากวัตถุขึ้นไปตรงๆ ในแนวตั้งไปยังผิวของตัวกลาง และการวัดความลึกปรากฏจะวัดจากภาพที่มองเห็นขึ้นไปตรงๆ ในแนวตั้งไปยังผิวของตัวกลาง”

(NO.1: อนุทินของนักเรียน, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

“ความลึกจริง คือ ระยะทางที่วัดจากวัตถุที่สนใจไปยังรอยต่อของตัวกลาง ความลึกปรากฏ คือ ระยะทางที่วัดจากภาพที่เกิดขึ้นไปยังรอยต่อ โดยต้องวัดในแนวตั้งทั้งคู่”

(NO.20: อนุทินของนักเรียน, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

จากผลการศึกษาพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 64 เป็นร้อยละ 34 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับนิยามของความจริงและความลึกปรากฏว่า “ความลึกปรากฏเป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากวัตถุไปยังภาพตามแนวตั้ง”

แนวคิดเกี่ยวกับความจริง ความลึกปรากฏ

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับความจริง ความลึกปรากฏ ผู้วิจัยให้นักเรียนระบุตำแหน่งของภาพปลาที่ผู้สังเกตมองปลาที่อยู่ในน้ำในแนวดิ่งตรงกับตัวปลา จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 9 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 38) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งภาพปลาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าตำแหน่งของภาพที่เห็นจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งของตัวปลา นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 34 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งภาพปลาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า ภาพที่เห็นจะอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งวัตถุ แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับหลักการหักเหของแสงที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับความจริง ความลึกปรากฏ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 32) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งภาพปลาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า ภาพที่เห็นจะอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งวัตถุ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า การเห็นภาพปลาอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งจริงนั้นเกิดขึ้นเนื่องจาก แสงเคลื่อนที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีของแสงเบนเข้าหาเส้นปกติหรือเบนออกจากเส้นปกติ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

จะเห็นภาพปลาที่ตำแหน่ง B เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) แสงเกิดการหักเห เนื่องจากเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ต่างกันทำให้เห็นภาพที่ระดับความลึกเท่าเดิม แต่มีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม

(NO.6: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 11, มกราคม 2556)

จะเห็นภาพปลาที่ตำแหน่ง B เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) แสงเคลื่อนที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ 5) แสงเคลื่อนที่จากน้ำไปหาอากาศทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ

(NO.18: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 11, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

จะเห็นภาพปลาที่ตำแหน่ง A เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) แสงเคลื่อนที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ 7) ภาพที่เห็นจะอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งวัตถุ

(NO.6: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 11, มีนาคม 2556)

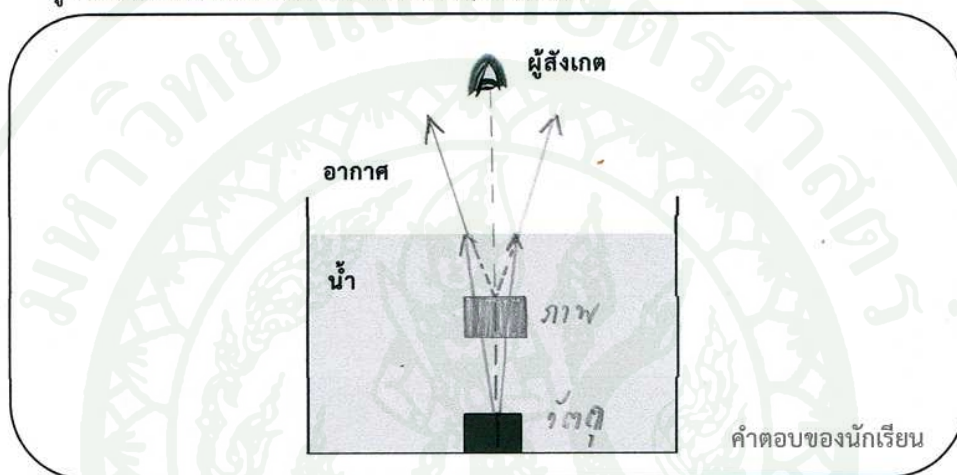
จะเห็นภาพปลาที่ตำแหน่ง A เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) แสงเคลื่อนที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ 7) ภาพที่เห็นจะอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งวัตถุ

(NO.18: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 11, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้พบว่า นักเรียนร้อยละ 8 สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถระบุตำแหน่งภาพปลาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมองวัตถุที่อยู่ในน้ำ ภาพที่เห็นจะอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งจริงของวัตถุ และปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเนื่องจากแสงเคลื่อนที่จากน้ำไปอากาศ ทำให้รังสีของแสงเกิดการหักเหโดยแนวรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ

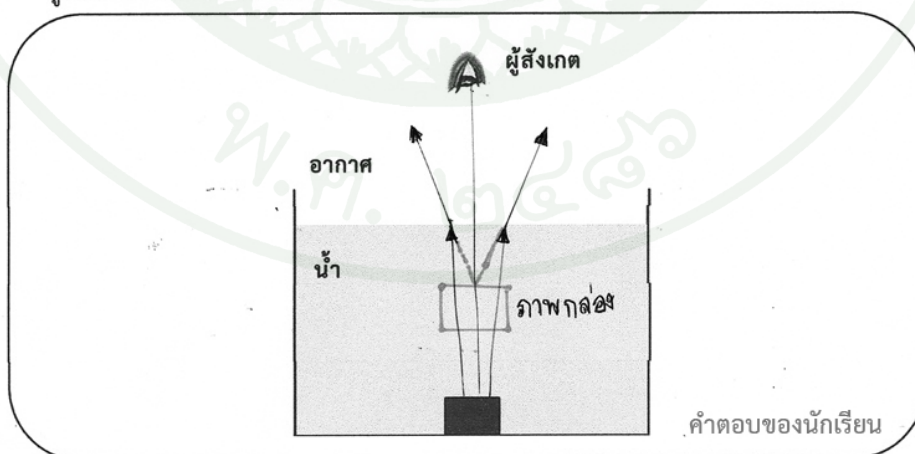
ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงตำแหน่งภาพล่องสี่เหลี่ยมวางอยู่ที่ก้นของตู้ปลาซึ่งใส่น้ำ 3 ใน 4 ของตู้ ถ้านักเรียนมองกล่องสี่เหลี่ยมนั้นตรงๆ แสงที่มาจากจุดๆ หนึ่งบนผิวกล่อง จะมีการหักเหอย่างไร เมื่อเคลื่อนที่ผ่านจากน้ำมายังตาของเรา จงวาดรูปแสดงรังสีของแสงโดยใช้หลักการหักเหของแสงที่ได้เรียนมา

1. ถ้ามีกล่องสี่เหลี่ยมวางอยู่ที่ก้นของตู้ปลาซึ่งใส่น้ำ 3 ใน 4 ของตู้ ถ้านักเรียนมองกล่องสี่เหลี่ยมนั้นตรงๆ แสงที่มาจากจุดๆ หนึ่งบนผิวกล่อง จะมีการหักเหอย่างไร เมื่อเคลื่อนที่ผ่านจากน้ำมายังตาของเรา จงวาดรูปแสดงรังสีของแสงโดยใช้หลักการหักเหของแสงที่ได้เรียนมา



(NO.7: ใบกิจกรรมที่ 20, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

1. ถ้ามีกล่องสี่เหลี่ยมวางอยู่ที่ก้นของตู้ปลาซึ่งใส่น้ำ 3 ใน 4 ของตู้ ถ้านักเรียนมองกล่องสี่เหลี่ยมนั้นตรงๆ แสงที่มาจากจุดๆ หนึ่งบนผิวกล่อง จะมีการหักเหอย่างไร เมื่อเคลื่อนที่ผ่านจากน้ำมายังตาของเรา จงวาดรูปแสดงรังสีของแสงโดยใช้หลักการหักเหของแสงที่ได้เรียนมา



(NO.39: ใบกิจกรรมที่ 20, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

นอกจากนี้พบว่า หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 64 เป็นร้อยละ 34 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความลึกจริง ความลึกปรากฏ โดยนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการมองเห็นภาพของปลาในน้ำว่า “ภาพปลาที่เห็นเกิดขึ้นจากแสงเคลื่อนที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำ ทำให้เกิดการหักเหของแสง”

แนวคิดเกี่ยวกับเลนส์บาง

ตารางที่ 10 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเลนส์บาง

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. ลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า	0 (0%)	20 (40%)	4 (8%)	8 (16%)	13 (26%)	7 (14%)	33 (66%)	15 (30%)	0 (0%)	0 (0%)
2. การเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์	1 (2%)	5 (10%)	12 (24%)	16 (32%)	7 (14%)	15 (30%)	29 (58%)	14 (28%)	1 (2%)	0 (0%)
3. ภาพที่เกิดจากเลนส์นูน	0 (0%)	3 (6%)	5 (10%)	5 (10%)	13 (26%)	14 (28%)	32 (64%)	28 (56%)	0 (0%)	0 (0%)
4. ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า	0 (0%)	5 (10%)	4 (8%)	7 (14%)	9 (18%)	11 (22%)	37 (74%)	27 (54%)	0 (0%)	0 (0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

แนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า ผู้วิจัยให้นักเรียนระบุรังสีของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการจัดการ

เรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 66) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 26 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า เลนส์นูนจะรวมแสง ส่วนเลนส์เว้าจะกระจายแสง โดยนักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะของรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เลนส์นูนจะรวมแสง เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบเลนส์นูนจะทำให้รังสีของแสงเบนเข้าหากันและไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง ส่วนเลนส์เว้าจะกระจายแสง เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบเลนส์เว้าจะทำให้รังสีของแสงเบนออกจากกัน และถ้าต่อแนวรังสีจะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ถ้า A เป็นเลนส์นูน รังสีหักเห คือ รูปที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 ก็ได้ และถ้า A เป็นเลนส์เว้า รังสีหักเห คือ รูปที่ 3 หรือ 4 หรือ 5 ก็ได้ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบเลนส์เว้า จะทำให้รังสีเบนเข้าหากันและไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง 7) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบเลนส์ รังสีของแสงอาจไม่เกิดการหักเหก็ได้

(NO.38: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 12, มกราคม 2556)

ถ้า A เป็นเลนส์นูน รังสีหักเห คือ รูปที่ 3 หรือ 4 หรือ 5 ก็ได้ และถ้า A เป็นเลนส์เว้า รังสีหักเห คือ รูปที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 ก็ได้ เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) เลนส์นูนจะรวมแสง ส่วนเลนส์เว้าจะกระจายแสง

(NO.45: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 12, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

ถ้า A เป็นเลนส์นูน รังสีหักเห คือ รูปที่ 4 เท่านั้น และถ้า A เป็นเลนส์เว้า รังสีหักเห คือ รูปที่ 2 เท่านั้น เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) เลนส์นูนจะรวมแสง ส่วนเลนส์เว้าจะกระจายแสง 3) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบนเลนส์นูน จะทำให้รังสีเบนเข้าหากันและไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง 6) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบนเลนส์เว้า จะทำให้รังสีเบนออกจากกัน และถ้าต่อแนวรังสีจะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน

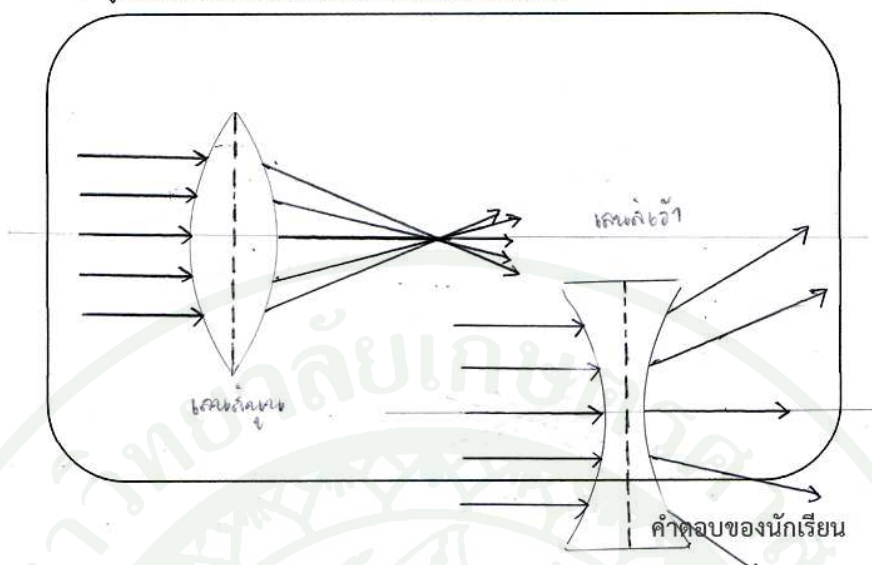
(NO.38: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 12, มีนาคม 2556)

ถ้า A เป็นเลนส์นูน รังสีหักเห คือ รูปที่ 4 เท่านั้น และถ้า A เป็นเลนส์เว้า รังสีหักเห คือ รูปที่ 2 เท่านั้น เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) เลนส์นูนจะรวมแสง ส่วนเลนส์เว้าจะกระจายแสง 3) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบนเลนส์นูน จะทำให้รังสีเบนเข้าหากันและไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง 6) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบนเลนส์เว้า จะทำให้รังสีเบนออกจากกัน และถ้าต่อแนวรังสีจะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน

(NO.45: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 12, มีนาคม 2556)

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อสังเกตรังสีของแสงขนานที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า นักเรียนจำนวนหกกลุ่มในสิบกลุ่มสามารถเขียนรังสีของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์และอธิบายลักษณะรังสีของแสงดังกล่าวได้ถูกต้อง ดังนี้

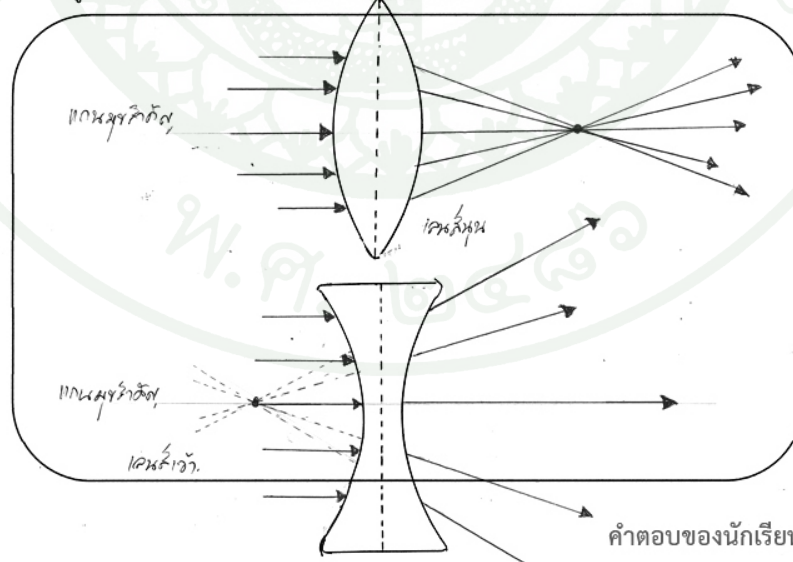
- รูปแสดงแนวรังสีตกกระทบ และรังสีหักเหที่เกิดจากลำแสง 5 ลำ



“แสงที่เคลื่อนที่ตกกระทบเลนส์นูนจะเกิดการหักเห เมื่อสังเกตแสงที่หักเหจะเห็นได้ว่าแสงจะเบนเข้าหากัน และไปตัดกันที่จุดหนึ่งบนเส้นแกนमुखสำคัญ และแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์เว้าจะเกิดการหักเห ทำให้แสงเบนแยกออกจากกัน จึงสรุปได้ว่า เลนส์นูนทำให้เกิดการรวมแสง และเลนส์เว้าทำให้เกิดการกระจายแสงออกไป”

(กลุ่มที่ 3: ใบกิจกรรมที่ 22, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

- รูปแสดงแนวรังสีตกกระทบ และรังสีหักเหที่เกิดจากลำแสง 5 ลำ



“เมื่อแสงที่ขนานกันเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูน แสงจะเกิดการหักเหเข้าหาแกนमुखสำคัญ โดยรังสีของแสงหักเหจะรวมกันและไปตัดกันที่จุดๆ หนึ่ง และเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเลนส์เว้า แสงจะ

เกิดการหักเหออกจากแกนमुखสำคัญ รังสีของแสงหักเหจะกระจายแยกออกไป แต่ถ้าต่อแนวรังสีของแสงหักเหจะไปเจอกันที่จุดๆ หนึ่ง”

(กลุ่มที่ 7: ใบกิจกรรมที่ 22, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

นอกจากนี้พบว่า หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 66 เป็นร้อยละ 30 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า โดยนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์ว่า “เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบเลนส์เว้า จะทำให้รังสีเบนเข้าหากันและไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง หรือเมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบเลนส์นูน จะทำให้รังสีเบนออกจากกัน และถ้าต่อแนวรังสีจะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน”

แนวคิดเกี่ยวกับการเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์ ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพแสดงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์ที่กำหนดให้ แล้วให้นักเรียนระบุว่าการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์ในภาพใดบ้างถูกต้อง จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 58) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุลักษณะรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 24 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุลักษณะรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์จะไม่เกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะผ่านออกไปในแนวเดิม หรือรังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญ เมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัส หรือรังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ รังสีหักเหจะขนานกับแกนमुखสำคัญ

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 32) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถระบุลักษณะรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ถูกต้อง สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ และสามารถอธิบายได้ว่า รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุด

ศูนย์กลางเลนส์จะไม่เกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะผ่านออกไปในแนวเดิม หรือรังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญ เมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัส หรือรังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ รังสีหักเหจะขนานกับแกนमुखสำคัญ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

A, B, C, E และ F เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญ เมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัส 2) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญ เมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม 3) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์จะไม่เกิดการหักเห 4) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม 6) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม 7) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญเมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะตัดกับจุดโฟกัสจริงเท่านั้น ไม่มีรังสีหักเหที่ตัดกับจุดโฟกัสเสมือน

(NO.5: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 13, มกราคม 2556)

B, C, D และ E เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์จะไม่เกิดการหักเห

(NO.32: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 13, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

A, B และ D เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์จะไม่เกิดการหักเห 4) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม

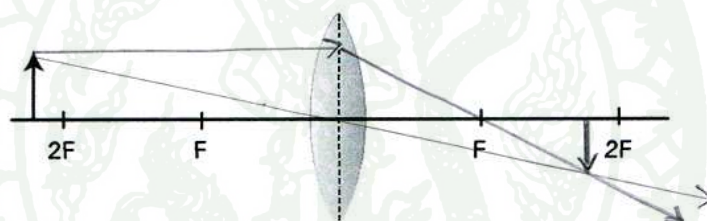
(NO.5: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 13, มีนาคม 2556)

A, B และ D เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญเมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัส 3) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์ จะไม่เกิดการหักเห

(NO.32: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 13, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเรื่องการเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 2 เป็นร้อยละ 10 โดยนักเรียนสามารถระบุลักษณะรังสีของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์จะไม่เกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะผ่านออกไปในแนวเดิม รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญ เมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัส และรังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ รังสีหักเหจะขนานกับแกนमुखสำคัญ

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม กล่าวคือ จากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์นูนและเลนส์เว้า นักเรียนจำนวนหนึ่งในห้าของนักเรียนทั้งหมดเท่านั้นสามารถเขียนรังสีของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์และอธิบายลักษณะรังสีของแสงดังกล่าวได้ถูกต้อง ดังนี้



ลักษณะของภาพที่เกิด

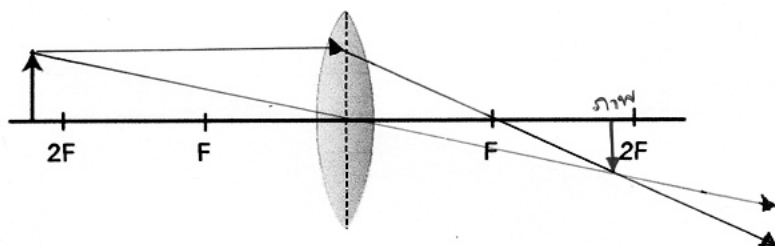
- | | |
|---|--|
| ☒ ภาพจริง | ☐ ภาพเสมือน |
| ☐ ภาพหัวตั้ง | ☒ ภาพหัวกลับ |

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

- | | | |
|--|-----------------------------------|---|
| ☐ ขนาดเท่าวัตถุ | ☐ ขนาดขยาย | ☒ ขนาดย่อ |
|--|-----------------------------------|---|

คำตอบของนักเรียน

(NO13: ใบกิจกรรมที่ 24, 26 กุมภาพันธ์ 2556)



ลักษณะของภาพที่เกิด

- ☒ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน
☐ ภาพหัวตั้ง ☒ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

- ☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☒ ขนาดย่อ

คำตอบของนักเรียน

(NO24: ใบกิจกรรมที่ 24, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

นอกจากนี้พบว่า หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 58 เป็นร้อยละ 28 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเขียนแนวรังสีของแสงผ่านเลนส์ โดยนักเรียนเข้าใจว่า “รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญเมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะตัดกับจุดโฟกัสจริงเท่านั้น ไม่มีรังสีหักเหที่ตัดกับจุดโฟกัสเสมือน”

แนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์นูน

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์นูน ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณา ลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์นูน เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะต่างๆ แล้วให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับความยาวโฟกัสของเลนส์นูนดังกล่าว จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 64) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับความยาวโฟกัสของเลนส์นูนจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 26 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับความยาวโฟกัสของเลนส์นูนจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ โดยนักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ว่า ภาพที่เกิดจากเลนส์นูน เมื่อระยะวัตถุมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ หรือเมื่อระยะวัตถุเท่ากับสองเท่าของความยาวโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย หรือเมื่อระยะวัตถุมากกว่าความยาวโฟกัสแต่น้อยกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัสจะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดขยาย

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์นูน โดยนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ลดลงจากเดิมร้อยละ 64 เป็นร้อยละ 56 แต่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับความยาวโฟกัสของเลนส์นูนจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 6 มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับความยาวโฟกัสของเลนส์นูนจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ และสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่าภาพที่เกิดจากเลนส์นูน เมื่อระยะวัตถุมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ เมื่อระยะวัตถุเท่ากับสองเท่าของความยาวโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย และเมื่อระยะวัตถุมากกว่าความยาวโฟกัสแต่น้อยกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัสจะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดขยาย ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน มีค่ามากกว่า 30 เซนติเมตร แต่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางของเลนส์นูนและจุดโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

(NO.8: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 14, มกราคม 2556)

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน มีค่าน้อยกว่า 20 เซนติเมตร เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 6) ถ้าวัตถุอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์นูนจะเกิดภาพเสมือน ขนาดขยาย

(NO.16: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 14, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน มีค่ามากกว่า 20 เซนติเมตร แต่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ถ้าวัตถุอยู่ห่างมากกว่าจุดศูนย์กลางของเลนส์นูน แต่ไม่ถึงระยะอนันต์จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ 5) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางของเลนส์นูนและจุดโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย 7) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดโฟกัส และจุดศูนย์กลาง

ของเลนส์นูนจะพบว่า รังสีที่ผ่านเลนส์มีการเบนออกและเมื่อเราต่อแนวรังสีที่หักเหผ่านเลนส์ จะเกิดภาพเสมือนขนาดขยายหัวตั้งด้านหน้าเลนส์

(NO.8: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 14, มีนาคม 2556)

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน มีค่ามากกว่า 20 เซนติเมตร แต่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ถ้าวัตถุอยู่ห่างมากกว่าจุดศูนย์กลางของเลนส์นูน แต่ไม่ถึงระยะอนันต์จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ 5) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางของเลนส์นูน และจุดโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย 7) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของเลนส์นูนจะพบว่า รังสีที่ผ่านเลนส์มีการเบนออกและเมื่อเราต่อแนวรังสีที่หักเหผ่านเลนส์ จะเกิดภาพเสมือนขนาดขยายหัวตั้งด้านหน้าเลนส์

(NO.16: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 14, มีนาคม 2556)

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนที่บันทึกเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์นูน ดังนี้

“ภาพที่เกิดจากเลนส์นูน

- 1) วัตถุอยู่ระหว่าง C กับ ∞ จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อระหว่างจุด C กับ F
- 2) วัตถุอยู่ที่ C จะเกิดภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่าวัตถุ ภาพเกิดที่จุด $2f$
- 3) วัตถุอยู่ระหว่าง F กับ C จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย ระหว่างจุด C กับ ∞
- 4) วัตถุอยู่ที่ F จะเกิดภาพที่ระยะไกลมาก
- 5) วัตถุอยู่ระหว่างจุด O กับ F จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดขยาย”

(NO.8: อนุทินของนักเรียน, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

“เมื่อวางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนที่ระยะต่างๆ จะเกิดภาพลักษณะต่างๆ ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ เมื่อวางวัตถุไว้ไกลมากกว่า $2f$ จะเกิดภาพหัวกลับ ขนาดย่อ เป็นภาพจริง ภาพจะเกิดระหว่าง f กับ $2f$ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะ $2f$ พอดี จะได้ภาพหัวกลับ ขนาดเท่าวัตถุ เป็นภาพจริง ภาพจะเกิดที่ $2f$ เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่าง f กับ $2f$ จะได้ภาพหัวกลับ ขนาดขยาย เป็นภาพจริง ภาพจะเกิดที่ระยะไกลมากกว่า $2f$ และเมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างจุด O กับระยะ f จะได้ภาพหัวตั้ง ขนาดขยาย เป็นภาพเสมือน”

(NO.16: อนุทินของนักเรียน, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

แนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า

การวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพของวัตถุที่เกิดจากเลนส์ แล้วให้นักเรียนระบุว่าภาพใดบ้างเป็นภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าได้ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 18 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าว่าเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขยายย่อ แต่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าเป็นภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อหรือขยายก็ได้

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 22) มีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าว่าเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขยายย่อ แต่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าเป็นภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อหรือขยายก็ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

คำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

A, B และ F เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 4) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย 5) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

(NO.10: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 15, มกราคม 2556)

C, D และ E เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 2) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งที่ไกลมากหรือระยะอนันต์จะได้ภาพเสมือน มีขนาดเป็นจุดที่จุดโฟกัสหลังเลนส์เว้า 3) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ

(NO.22: แบบวัดแนวคิด ก่อนเรียนข้อ 15, มกราคม 2556)

คำตอบของนักเรียนหลังเรียน

B และ F เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 1) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งที่ไกลมากหรือระยะอนันต์จะได้ภาพเสมือน มีขนาดเป็นจุดที่จุดโฟกัสหน้าเลนส์เว้า 5) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ 7) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพที่ระยะอนันต์

(NO.10: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 15, มีนาคม 2556)

B และ F เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ 3) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ 5) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

(NO.22: แบบวัดแนวคิด หลังเรียนข้อ 15, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 10 โดยนักเรียนสามารถระบุภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ว่า ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าเป็นภาพหัวตั้ง ขนาดย่อเสมอไม่ว่าวัตถุจะอยู่ที่ระยะใด

ผลจากการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนที่บันทึกเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังนี้

“เมื่อวางวัตถุไว้หน้าเลนส์เว้าที่ระยะต่างๆ จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดขยายเสมอ”

(NO.16: อนุทินของนักเรียน, 27 กุมภาพันธ์ 2556)

“ภาพที่เกิดจากการเอาวัตถุวางไว้หน้าเลนส์จะเป็นภาพหัวตั้ง มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ เป็นภาพเสมือน ไม่ว่าจะเอาวัตถุวางไว้ที่ใดๆ”

(NO.38: อนุทินของนักเรียน, 27 กุมภาพันธ์ 2556)

ตอนที่ 2 การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ชิ้นงานของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน ผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

ตารางที่ 11 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)				
		SU	PU	PU/SM	SM	NU
กระจกบนดวงจันทร์	อย่างใกล้ชิด	43 (86%)	1 (2%)	0 (0%)	3 (6%)	3 (6%)
	อย่างไกล	21 (42%)	8 (16%)	1 (2%)	2 (4%)	18 (36%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

การวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ “กระจกบนดวงจันทร์” ว่า ในระหว่างที่ยานอวกาศ อพอลโล-11 จอดอยู่บนดวงจันทร์ แผ่นสะท้อนที่ติดตั้งบนยานอวกาศนี้จะตั้งฉากกับพื้นผิวดวงจันทร์พอดี ถ้าลำแสงเลเซอร์ซึ่งยิงจากสถานีทดลองบนโลกไปยังแผ่นสะท้อน และสะท้อนกลับมาใช้เวลาเดินทางทั้งหมด 2.51 วินาที สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดว่า “แสงเลเซอร์ซึ่งยิงจากสถานีทดลองบนโลกจะสามารถเดินทางไปยังแผ่นสะท้อนที่ติดตั้งบนยานอพอลโล-11 ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด” ผลจากการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 11 จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86) มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนอธิบายว่า แสงสามารถเดินทางไปยังแผ่น

สะท้อนได้ เหตุผลเพราะแสงเดินทางเป็นเส้นตรง และแสงสามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ จึงสามารถเดินทางไปยังแผ่นสะท้อนที่ตั้งอยู่บนผิวดวงจันทร์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไป

ได้ เหตุผลเพราะ แสงเดินทางเป็นเส้นตรง และสามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ ด้วย อัตราเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที และในโจทย์ที่กำหนดค่าเวลาสะท้อนกลับมา

(NO.1: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 1, มีนาคม 2556)

ได้ เหตุผลเพราะ แสงเดินทางเป็นเส้นตรง ไม่ผ่านตัวกลางใดๆ ทั้งสิ้น จึงสามารถเดินทางไปถึงแผ่นสะท้อนบนยานและสะท้อนกลับมาได้

(NO.21: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 1, มีนาคม 2556)

ได้ เหตุผลเพราะ แสงไม่ต้องการตัวกลางในการเคลื่อนที่ ทำให้เดินทางผ่านสุญญากาศได้ และที่สำคัญคือแสงเดินทางเป็นเส้นตรง เราจึงสามารถเล็งเลเซอร์ไปยังแผ่นสะท้อนที่ตั้งบนยานได้

(NO.32: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 1, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 6 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนอธิบายว่า แสงไม่สามารถเดินทางไปยังแผ่นสะท้อนได้ เหตุผลเพราะระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์เป็นระยะทางที่ไกลมาก

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนอีกร้อยละ 6 ที่ไม่เข้าใจแนวคิด (NU) โดยนักเรียนเขียนอธิบายคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ได้ เหตุผลเพราะ ตามสถานการณ์ที่กล่าวไว้ แสงเลเซอร์นี้มีการสะท้อนกลับ หมายความว่าแสงเลเซอร์จะต้องเดินทางไปถึงยานอวกาศอพอลโล-11 ได้สำเร็จ ไมอย่างนั้นจะไม่มีการสะท้อน

(NO.46: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 1, มีนาคม 2556)

ได้ เหตุผลเพราะ แสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปตกกระทบกับอีกตัวกลางหนึ่ง

(NO.38: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 1, มีนาคม 2556)

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดว่า “ถ้ามีสถานีทดลองบนโลกอีกสถานีหนึ่งซึ่งตั้งอยู่คนละซีกโลกกับสถานีทดลองแรก ต้องการวัดอัตราเร็วของแสงด้วยวิธีการเดียวกันนี้ นักเรียนคิดว่าสถานีทดลองทั้งสองแห่งจะวัดอัตราเร็วแสงได้เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน จากตารางที่ 11 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42) มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนอธิบายว่า สถานีทดลองทั้งสองสถานีจะวัดอัตราเร็วของแสงได้เท่ากัน เหตุผลเพราะแสงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแสงที่มีค่าคงที่เสมอไม่ขึ้นกับแหล่งกำเนิดแสงและระยะทางที่แสงใช้ในการเคลื่อนที่ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ได้เท่ากัน เหตุผลเพราะ แสงจากแหล่งกำเนิดใดๆ จะเคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยอัตราเร็วเท่ากันเสมอ มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที

(NO.1: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 2, มีนาคม 2556)

เท่ากัน เหตุผลเพราะ แสงเดินทางได้อัตราเร็วเท่ากัน ถึงจะอยู่ที่ไหนก็จะวัดได้ว่าแสงเดินทางด้วยอัตราเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที

(NO.21: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 2, มีนาคม 2556)

เท่ากัน เหตุผลเพราะ อัตราเร็วของการเดินทางของแสงเท่ากันเสมอ ดังนั้น ไม่ว่าจะวัดจากสถานีไหน ก็จะสามารถวัดอัตราเร็วแสงได้ค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาทีเสมอ

(NO.32: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 2, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 36 ที่ไม่เข้าใจแนวคิด (NU) โดยนักเรียนเขียนอธิบายคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ได้เท่ากัน เหตุผลเพราะ แสงเปลี่ยนจากขั้วโลกเหนือเป็นขั้วโลกใต้

(NO.14: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 2, มีนาคม 2556)

ได้เท่ากัน เหตุผลเพราะ มีมุม θ เท่ากัน

(NO.44: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงข้อ 2, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ร้อยละ 4 โดยนักเรียนเข้าใจว่า แสงจากทั้งสองสถานที่จะวัดอัตราเร็วแสงได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากในตัวกลางต่างกัน แสงจะเดินทางได้แตกต่างกัน ดังนั้น แสงที่เดินทางในแต่ละชั่วโลกจะมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน ขึ้นกับธรรมชาติหักเหของแสงในตัวกลางนั้นๆ และนักเรียนเข้าใจว่า ระยะทางของทั้งสองสถานถึงดวงจันทร์ไม่เท่ากัน จึงทำให้แสงมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน

จากผลการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจับคู่ข้อคำถามจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสงแต่ละข้อกับข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงในข้อคำถามที่ 1 ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ใช้แนวคิดเดียวกันในการแก้ปัญหา จากนั้นนำไปหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ตามเกณฑ์การหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ในตารางที่ 6 ผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (N = 50)		
		CT	PT	NT
กระจกบนดวงจันทร์	อย่างใกล้ชิด	38 (76%)	2 (4%)	10 (20%)
	อย่างไกล	23 (46%)	4 (8%)	23 (46%)

หมายเหตุ: CT (Complete Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์ มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 9 ถึง 16
 PT (Partial Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ มีค่าคะแนนการถ่ายโอนระหว่าง 4 ถึง 8
 NT (No Transfer) แทนกลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 0

เมื่อพิจารณาคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด และจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้

นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสงได้ ทั้งการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล

สำหรับการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิด นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 76) สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางเป็นเส้นตรง และแสงสามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 4 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสงที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางเป็นเส้นตรง ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงการเคลื่อนที่ของแสงผ่านสุญญากาศ ส่วนนักเรียนที่เหลือร้อยละ 20 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ส่วนการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46) สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแสงที่มีค่าคงที่เสมอไม่ขึ้นกับแหล่งกำเนิดแสงและระยะทางที่แสงใช้ในการเคลื่อนที่ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 8 สามารถถ่ายโอนแนวคิดแต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแสงที่มีค่าคงที่เสมอไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงชนิดของแหล่งกำเนิดแสง และระยะทางที่แสงใช้ในการเคลื่อนที่ ส่วนนักเรียนที่เหลือไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดจากสถานการณ์นี้ได้ โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเมื่อระยะทางที่แสงใช้ในการเคลื่อนที่มีค่าไม่เท่ากัน จะส่งผลให้แสงมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน

ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

ตารางที่ 13 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)				
		SU	PU	PU/SM	SM	NU
กระจกในซูปเปอร์มาร์เก็ต	อย่างใกล้ชิด	25 (50%)	22 (44%)	3 (6%)	0 (0%)	0 (0%)
	อย่างไกล	3 (6%)	25 (50%)	9 (18%)	7 (14%)	6 (12%)
ภาพจากกระจกโค้ง	อย่างใกล้ชิด	16 (32%)	33 (66%)	1 (2%)	0 (0%)	0 (0%)
	อย่างไกล	2 (4%)	0 (0%)	22 (44%)	26 (52%)	0 (0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

การวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ 2 สถานการณ์ คือ “กระจกในซูปเปอร์มาร์เก็ต” ว่า ชายคนหนึ่งเดินเข้าไปซื้อของในซูปเปอร์มาร์เก็ตแห่งหนึ่ง ขณะที่เดินผ่านกระจกบานหนึ่งที่ติดไว้ในร้าน ภาพใบหน้าของเขามีลักษณะเป็นภาพหัวตั้ง มีขนาดเล็กกว่าใบหน้าจริง และสถานการณ์ “ภาพจากกระจกโค้ง” ว่า กระจกโค้งบานหนึ่งทำให้เกิดภาพดวงอาทิตย์ห่างจากกระจกเป็นระยะ 0.80 เมตร ชายคนหนึ่งยืนอยู่ริมฝั่งแม่น้ำ ใช้กระจกบานดังกล่าวส่องต้นไม้ที่อยู่ฝั่งตรงข้ามแม่น้ำ ทำให้เกิดภาพต้นไม้เป็นภาพหัวกลับ สูง 0.10 เมตร และภาพอยู่หน้ากระจกเป็นระยะ 0.81 เมตร สำหรับสถานการณ์ “กระจกในซูปเปอร์มาร์เก็ต” ผู้วิจัยวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด โดยให้นักเรียนอธิบายว่า “กระจกที่ติดไว้ในร้านนั้นเป็นกระจกชนิดใด เพราะเหตุใด” ผลจากการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 13 จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า กระจกในร้านนั้นเป็นกระจกนูน โดยนักเรียน

อธิบายเหตุผลประกอบว่า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัสของกระจก ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ แต่ภาพที่เกิดจากกระจกเว้าจะเป็นภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ดังนั้น จากลักษณะภาพที่ชายคนนี้เห็นเป็นภาพหัวตั้ง มีขนาดเล็กกว่าใบหน้าจริงแสดงว่า กระจกที่เขาส่องอยู่นั้นเป็นกระจกนูน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

กระจกนูน เหตุผลเพราะ ภาพที่เกิดจากกระจกนูนทุกภาพจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อ แต่กระจกเว้าจะเป็นได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ถ้าเป็นภาพเสมือนจะมีขนาดขยาย ดังนั้น กระจกในร้านนี้จึงเป็นกระจกนูน เพราะทำให้เห็นภาพใบหน้าของเขามีลักษณะเป็นภาพหัวตั้ง มีขนาดเล็กกว่าใบหน้าจริง

(NO.8: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 3, มีนาคม 2556)

กระจกนูน เหตุผลเพราะ ทำให้เกิดภาพขนาดย่อ เป็นภาพเสมือนที่มีลักษณะหัวตั้ง ส่วนกระจกเว้าทำให้เกิดภาพภาพเสมือนที่มีลักษณะหัวตั้ง แต่ขนาดขยาย

(NO.45: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 3, มีนาคม 2556)

กระจกนูน เหตุผลเพราะ ไม่ว่าจะวางวัตถุใดๆ ไว้ข้างหน้ากระจกนูนจะได้ภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอ ซึ่งกระจกเว้า ภาพเสมือนหัวตั้งจะมีขนาดขยาย นอกนั้นเป็นภาพจริงหัวกลับ

(NO.46: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 3, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 44 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า กระจกในร้านนั้นเป็นกระจกนูน โดยนักเรียนให้เหตุผลว่า ภาพจากกระจกนูนเป็นภาพหัวตั้ง หรือเป็นภาพขนาดย่อเท่านั้น

และจากการศึกษาพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และไม่เข้าใจแนวคิด (NU) เลย

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดว่า “ถ้าชายคนนี้เดินเข้าหากระจกเรื่อยๆ ภาพของเขาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่

(ร้อยละ 50) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ภาพที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ โดยนักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบต่างๆ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

จะมีขนาดใหญ่กว่าเดิม เหตุผลเพราะ กระจกนูนจะได้ภาพที่เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อ แต่ถ้าวัดเข้าไปใกล้ๆ จะทำให้ภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น

(NO.2: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 4, มีนาคม 2556)

ภาพที่ปรากฏในกระจกจะใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เหตุผลเพราะ ระยะวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงโดยเข้าไปใกล้กระจกเรื่อยๆ ทำให้ภาพที่เกิดจากกระจกนูนมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ

(NO.46: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 4, มีนาคม 2556)

ภาพจะขยายเพิ่มขึ้นจนเกือบเท่าตัวจริง เหตุผลเพราะ เมื่อระยะวัตถุเปลี่ยนไปภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะเป็นภาพที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

(NO.48: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 4, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 6 เท่านั้น ที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนอธิบายว่า

ภาพที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าใบหน้าจริง แต่จะมีลักษณะใหญ่กว่าภาพที่เกิดตอนที่เรายืนอยู่ไกล เหตุผลเพราะ ภาพจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุไว้ที่ใด และถ้าวัดเข้าไปใกล้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้ระยะวัตถุสั้นลง การขยายของภาพจากสูตร $M = S'/S$ ก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น

(NO.45: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 4, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 14 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนอธิบายภาพที่เกิดขึ้นเมื่อเดินเข้าไปใกล้กระจกนูนว่า ภาพจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง หรือภาพที่ได้จะมีขนาดเล็กลงจากเดิม

สำหรับสถานการณ์ “ภาพจากกระจกโค้ง” ผู้วิจัยวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ โดยให้นักเรียนอธิบายว่า “กระจกที่ชายคนนี้ใช้เป็นกระจกชนิดใด เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์

คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 66) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า กระจกที่ชายคนนี้ใช้เป็นกระจกเงา โดยนักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบต่างๆ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

กระจกเงา เหตุผลเพราะ เป็นภาพหัวกลับ กระจกนูนจะเกิดแต่ภาพหัวตั้งเท่านั้น เมื่อไม่ใช่กระจกนูนที่เหลือก็เป็นกระจกเงา

(NO.8: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 5, มีนาคม 2556)

กระจกเงา เหตุผลเพราะ เกิดจากการสะท้อนของแสง และลักษณะของกระจกเงาทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะเป็นภาพหัวกลับ เป็นภาพจริง มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ

(NO.28: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 5, มีนาคม 2556)

กระจกเงา เหตุผลเพราะ ภาพต้นไม้ที่ได้เป็นภาพหัวกลับ ที่ตรงกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาที่เป็นภาพหัวกลับ

(NO.37: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 5, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 32 มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า กระจกนี้เป็นกระจกเงา โดยนักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบว่า ภาพต้นไม้ที่เกิดเป็นภาพหัวกลับ ขนาดย่อ และสำหรับกระจกนูนจะได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อ แต่กระจกเงาจะได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ ดังนั้น กระจกบานนี้เป็นกระจกเงา

และจากการศึกษาพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และไม่เข้าใจแนวคิด (NU) เลย

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนแสดงวิธีการหาว่า “ต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 52) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) นักเรียนไม่สามารถคำนวณความสูงของต้นไม้ ซึ่งจากสถานการณ์คือวัตถุได้ถูกต้อง โดยนักเรียนไม่สามารถตีความหมายจากสถานการณ์ในขั้นต้นที่กำหนดข้อมูลเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากดวงอาทิตย์ได้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถหาความยาวโฟกัสของกระจกบานนี้ได้ ส่งผลให้การคำนวณหาความสูงของต้นไม้ไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

4. จงแสดงวิธีการหาว่าต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าใด

$$M = \frac{S}{s}$$

$$M = \frac{0.81}{0.80}$$

$$M = 1.01 \text{ m}$$

หา O ความสูงของต้นไม้

$$M = \frac{I}{O}$$

$$1.01 = \frac{0.10}{O}$$

$$O = \frac{0.10}{1.01}$$

$$O = 0.09 \text{ m}$$

คำตอบของนักเรียน

(NO.34: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 6, มีนาคม 2556)

4. จงแสดงวิธีการหาว่าต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าใด

$$M = 0.80 \quad I = 0.10 \quad O = ?$$

$$M = \frac{I}{O}$$

$$0.80 = \frac{0.10}{O}$$

$$0.80(O) = 0.10$$

$$O = \frac{0.10}{0.80}$$

$$O = 0.125 \text{ m}$$

คำตอบของนักเรียน

(NO.37: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 6, มีนาคม 2556)

4. จงแสดงวิธีการหาว่าต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าใด

$$\frac{I}{O} = \frac{s'}{s} \quad \frac{0.10}{0} = \frac{0.81}{0.80}$$

$$= \frac{0.81 \times 0.10}{0.80}$$

$$= \frac{0.08}{0.80}$$

$$0 = 0.1 \text{ ม.}$$

ต้นไม้สูง = 0.1 ม.

คำตอบของนักเรียน

(NO.48: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 6, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ มีนักเรียนร้อยละ 4 เท่านั้น ที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถคำนวณความสูงของต้นไม้ โดยนักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบ ดังตัวอย่าง คำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

4. จงแสดงวิธีการหาว่าต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าใด

$$I = 0.1 \text{ m} \quad O = ? \quad s'_s = 0.8 \quad s'_t = 0.81 \text{ m} \quad F = ?$$

ท. โผล่จากหน้าตาหยาบ

$\frac{1}{F} = \frac{1}{s'_s} + \frac{1}{s'_t}$	$s'_t - F = I$
$\frac{1}{F} = \frac{1}{0.8} + \frac{1}{0.8}$	$F = 0$
$\frac{1}{F} = \frac{1}{0.8} + \frac{1}{0.8}$	$0 = I \times F$
$\frac{1}{F} = \frac{1}{0.8}$	$0 = \frac{s'_t - F}{0.1 \times 0.8}$
$F = 0.8 \text{ m}$	$0 = \frac{0.81 - 0.8}{0.01}$
	$\therefore \text{ต้นไม้สูง} = 8 \text{ เมตร}$

คำตอบของนักเรียน

(NO.16: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 6, มีนาคม 2556)

จากผลการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจับคู่ข้อคำถามจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการสะท้อนของแสงแต่ละข้อกับข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสงในข้อคำถามที่ 5 และ 6 ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ใช้แนวคิดเดียวกันในการแก้ปัญหา จากนั้นนำไปหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ตามเกณฑ์การหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ในตารางที่ 6 ผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (N = 50)		
		CT	PT	NT
กระจกในซูปเปอร์ 마켓	อย่างใกล้ชิด	25 (50%)	7 (14%)	18 (36%)
	อย่างไกล	2 (4%)	17 (34%)	31 (62%)
ภาพจากกระจกโค้ง	อย่างใกล้ชิด	15 (30%)	12 (24%)	23 (46%)
	อย่างไกล	9 (18%)	11 (22%)	30 (60%)

หมายเหตุ: CT (Complete Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์ มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 9 ถึง 16
 PT (Partial Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ มีค่าคะแนนการถ่ายโอนระหว่าง 4 ถึง 8
 NT (No Transfer) แทนกลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 0

เมื่อพิจารณาคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด และจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการสะท้อนของแสงได้ ทั้งการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล

สำหรับการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิด จากสถานการณ์ “กระจกในซูปเปอร์มาร์เก็ต” นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50) สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่ารัศมีความโค้งของกระจก ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากกระจกเว้าจะเป็นภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 14 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงและภาพที่เกิดจากกระจกโค้งที่ได้เรียนรู้ คือ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่ารัศมีความโค้งของกระจก ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากกระจกเว้าจะเป็นภาพหัวกลับ ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ภาพที่มีลักษณะเป็นภาพหัวตั้งจะเป็นภาพจริง ส่วนภาพหัวกลับจะเป็นภาพเสมือน ส่วนนักเรียนที่เหลือร้อยละ 36 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

สำหรับสถานการณ์ “ภาพจากกระจกโค้ง” นักเรียนร้อยละ 30 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ สำหรับกระจกนูน จะได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดย่อ แต่กระจกเว้าจะได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 24 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงและภาพที่เกิดจากกระจกโค้งที่ได้เรียนรู้ คือ สำหรับกระจกนูน จะได้ภาพหัวตั้ง ขนาดย่อ แต่กระจกเว้าจะได้ภาพหัวกลับ ขนาดย่อไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ภาพที่มีลักษณะเป็นภาพหัวตั้งจะเป็นภาพจริง ส่วนภาพหัวกลับจะเป็นภาพเสมือน ส่วนนักเรียนที่เหลือร้อยละ 46 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ส่วนการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล จากสถานการณ์ “กระจกในซูเปอร์มาร์เก็ต” พบว่า นักเรียนร้อยละ 34 สามารถถ่ายโอนแนวคิดแต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงและภาพที่เกิดจากกระจกโค้งที่ได้เรียนรู้ คือ สำหรับกระจกนูน ไม่ว่าจะวางวัตถุไว้ที่ระยะใด ภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพหัวตั้งขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงการขยายของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง และจากการศึกษามีนักเรียนเพียงร้อยละ 4 ที่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ สำหรับกระจกนูน ไม่ว่าจะวางวัตถุไว้ที่ระยะใด ภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้งขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอ และจากสมการการขยายของภาพ เมื่อเดินเข้าหากระจกเรื่อยๆ ทำให้ระยะวัตถุมีค่าน้อยลง จะพบว่า ภาพจะมีการขยายเพิ่มมากขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 62 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

สำหรับสถานการณ์ “ภาพจากกระจกโค้ง” นักเรียนร้อยละ 22 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อน

ของแสงและภาพที่เกิดจากกระจกโค้งที่ได้เรียนรู้ คือ ขนาดวัตถุหาได้จากสมการ $\frac{I}{O} = \frac{S'}{S}$ และ

ความยาวโฟกัสของกระจกโค้งหาได้จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$ ไปใช้ในการแก้ปัญหาใน

สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการคำนวณหาความยาวโฟกัสของกระจกโค้ง และจากการศึกษามีนักเรียนร้อยละ 18 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ ขนาดวัตถุหาได้จากสมการ

$\frac{I}{O} = \frac{S'}{S}$ และความยาวโฟกัสของกระจกโค้งหาได้จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$ ไปใช้ในการ

แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 60 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการหักเหของแสง

ตารางที่ 15 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับการหักเหของแสง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)				
		SU	PU	PU/SM	SM	NU
นกมองปลา ปลา มองนก	อย่างใกล้ชิด	29	5	0	16	0
		(58%)	(10%)	(0%)	(32%)	(0%)
	อย่างไกล	10	5	1	34	0
		(20%)	(10%)	(2%)	(68%)	(0%)
ผีเสื้อ/แมลงปอบนฟ้าและปลาในน้ำ	อย่างใกล้ชิด	7	20	17	6	0
		(14%)	(40%)	(34%)	(12%)	(0%)
	อย่างไกล	2	21	11	16	0
		(4%)	(42%)	(22%)	(32%)	(0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

การวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหักเหของแสง ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ 2 สถานการณ์ คือ “นกมองปลา ปลา มองนก” ว่า ปลาตัวหนึ่งว่ายอยู่ในน้ำตรงกับตำแหน่งของนก A ในแนวตั้งพอดี ขณะนั้น นก A, B และ C จำนวน 3 ตัว กำลังบินอยู่เหนือผิวน้ำ 15 เมตร และสถานการณ์ “ผีเสื้อ/แมลงปอบนฟ้า และปลาในน้ำ” ว่า ปลาตัวหนึ่งว่ายอยู่ในน้ำในขณะนั้นมีผีเสื้อบินอยู่เหนือปลาในแนวตั้ง และแมลงปอเกาะอยู่ที่กิ่งไม้ โดยทั้งผีเสื้อและแมลงปออยู่สูงจากผิวน้ำเท่ากัน สำหรับสถานการณ์ “นกมองปลา ปลา มองนก” ผู้วิจัยวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด โดยให้นักเรียนอธิบายว่า “นกตัวใดจะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เพราะเหตุใด” ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 15 จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 58) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า นก A จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ นก A จะมองปลาในแนวตรง รังสีของแสงที่สะท้อนจากปลาจะตกกระทบบนผิวย่อต่อระหว่างน้ำและอากาศด้วยมุมตกกระทบลึกๆ และเนื่องจากแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห น้อย รังสีของแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ จึงทำให้รังสีหักเหเบนออกไปจากแนวเดิมเพียงเล็กน้อย เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกันจะเห็นภาพที่อยู่ใกล้ตำแหน่งเดิมของตัวปลามากที่สุด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

นก A จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ นกมองปลาในน้ำ แสงจะเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปหาตัวกลางที่มีดัชนีหักเห น้อย รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก ทำให้มองเห็นปลาอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งจริง และนก A อยู่ตรงตัวปลาพอดี ทำให้แสงตกกระทบบนผิวย่อด้วยมุมเล็กๆ รังสีหักเหจึงเบนออกได้น้อย เมื่อต่อแนวรังสีหักเหจะได้ภาพที่อยู่ใกล้ตำแหน่งจริงของปลามากที่สุด ส่วนนก C อยู่เฉียง มุมตกกระทบบนผิวจะทำมุมมาก รังสีหักเหจึงเบนออกได้มาก เมื่อต่อแนวรังสีหักเหจะได้ภาพที่อยู่ตื้นขึ้น ดังนั้น นก A จึงมองเห็นปลาอยู่ลึกที่สุด

(NO.1: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 7, มีนาคม 2556)

นก A จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ ถ้ากรณีนกมองปลา แสงจะเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มี n มาก ไปหาตัวกลางที่มี n น้อย ความลึกปรากฏจะมีค่าน้อยกว่าความลึกจริง และถ้ามองปลาในแนวเฉียงมากเท่าไร จะเห็นปลาตื้นมากเท่านั้น ฉะนั้น ถ้า นกมองปลาใน

แนวดิ่งจะทำให้ความลึกปรากฏของปลาต่ำกว่าความลึกปรากฏที่นมองปลาในแนวนอน

(NO.20: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 7, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 32 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า นก C จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะการที่นกจะมองเห็นปลาได้นั้น เกิดขึ้นจากแสงเดินทางผ่านตัวกลาง คือ น้ำไปหาอากาศ ทำให้รังสีของแสงเกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก และนก C อยู่เฉยมากที่สุด ทำให้รังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นแนวฉากมากที่สุด จึงมองเห็นปลาอยู่ลึกที่สุด หรือการที่นกจะมองเห็นปลาได้นั้น แสงจะเดินทางจากอากาศเข้าสู่ น้ำ ทำให้รังสีของแสงเกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก และนก C อยู่เฉยมากที่สุด ทำให้รังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นแนวฉากมากที่สุด จึงมองเห็นปลาอยู่ลึกที่สุด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

นก C จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ แสงจะเคลื่อนที่จาก n น้อยไปหา n มาก นกจะเห็นปลาอยู่ไกลกว่าตำแหน่งจริง

(NO.3: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 7, มีนาคม 2556)

นก C จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปหาตัวกลางที่มีดัชนีหักเห น้อย แสงจะเบนเข้า ทำให้รังสีหักเหของนก C เบนไปมากกว่านกอื่น นก C จะเห็นปลาอยู่ไกลกว่าตำแหน่งจริงมาก

(NO.5: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 7, มีนาคม 2556)

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดว่า “ปลาจะมองเห็นนกตัวใดอยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ปลาจะมองเห็นนก A อยู่สูงที่สุด เนื่องจากการที่ปลามองเห็นนกนั้น เกิดขึ้นจากแสงเดินทางผ่านตัวกลาง คือ น้ำไปหาอากาศ ทำให้รังสีของแสงเกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก ทำให้มองเห็นนก A อยู่สูงที่สุด หรือนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ปลามองเห็นนกนั้น เกิดขึ้นจากแสงเดินทางผ่านตัวกลาง คือ อากาศไปหาน้ำ ทำให้รังสีของแสงเกิดการหักเห โดยรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉากทำให้มองเห็นนก A อยู่สูงที่สุด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ปลาจะมองเห็นนก A อยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ เมื่อปลา มองผ่านน้ำขึ้นไป แสงจะหักเหจากน้ำสู่อากาศ ทำให้รังสีหักเหเบนออกจากเดิม ทำให้เห็นนก A อยู่สูงที่สุด

(NO.3: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 8, มีนาคม 2556)

ปลาจะมองเห็นนก A อยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ แสงจะเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มี n น้อยไปหา n มาก ปลาจะเห็นนกอยู่ไกลกว่าตำแหน่งจริง

(NO.5: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 8, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 20 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ปลาจะมองเห็นนก C อยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ ปลาจะมองนก C ในแนวเฉียงทำมุมมากที่สุด รังสีของแสงที่สะท้อนจากนกจะตกกระทบผิวย่อต่อระหว่างอากาศและน้ำ ด้วยมุมตกกระทบที่มีค่ามาก และเนื่องจากแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมาก รังสีของแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ จึงทำให้รังสีหักเหเบนเข้าจากแนวเดิมมากที่สุด เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกันจะเห็นภาพที่อยู่ไกลกว่าตำแหน่งเดิมของนกมากที่สุด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ปลาจะมองเห็นนก C อยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ ถ้ากรณีที่ปลา มองนกในอากาศ แสงจะเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มี n น้อยไปหา n มาก แสงจะหักเหเข้าหาเส้นแนวฉาก ปลาจะเห็นนกไกลกว่าตำแหน่งจริง ถ้าปลา มองเฉียงมากเท่าไร ก็จะเห็นนกอยู่สูงมากเท่านั้น ดังนั้น ปลา มองนก C จะเห็นความลึกปรากฏสูงที่สุด

(NO.1: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 8, มีนาคม 2556)

ปลาจะมองเห็นนก C อยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ เนื่องจากอากาศมีดัชนีหักเห น้อยกว่าน้ำ ดังนั้น เมื่อแสงเกิดการหักเห มุมตกกระทบในอากาศจึงมีค่ามากกว่ามุมหักเห ซึ่งเราสามารถต่อแนวรังสีหักเหไปตัดกัน จะพบว่า นก C ที่มีมุมเฉียงมากที่สุด รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉากมากที่สุดทำให้ภาพอยู่ไกลที่สุดเมื่อต่อแนวรังสีไปตัดกัน

(NO.28: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 8, มีนาคม 2556)

สำหรับสถานการณ์ “ผีเสื้อ/แมลงปอบนฟ้า และปลาในน้ำ” ผู้วิจัยวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด โดยให้นักเรียนอธิบายว่า “แมลงปอและผีเสื้อจะมองเห็นปลาอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 15 พบว่า นักเรียน

ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสจะมองเห็นปลาอยู่คนละตำแหน่งกัน โดยเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ไม่ เหตุผลเพราะ แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสอยู่สูงจากผิวน้ำเท่ากัน แต่ตำแหน่งที่อยู่ต่างกัน ทำให้มุมของแสงหักเหแตกต่างกัน แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสจึงมองเห็นปลาอยู่คนละตำแหน่งกัน

(NO.31: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 9, มีนาคม 2556)

คนละตำแหน่งกัน เหตุผลเพราะ แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสจะมองเห็นปลาในตำแหน่งที่ตื้นกว่าตำแหน่งจริง เพราะการหักเหของแสงที่ผ่านผิวน้ำไปยังอากาศ ลำแสงจะเบนไปจากแนวเดิม

(NO.48: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 9, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 14 มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสจะมองเห็นปลาอยู่คนละตำแหน่งกัน เหตุผลเพราะ แอลกอฮอล์จะมองปลาในแนวเฉียงทำมุมมากกว่าฟอสฟอรัส รังสีของแสงที่สะท้อนจากปลาจะตกกระทบผิวน้ำระหว่างน้ำและอากาศด้วยมุมตกกระทบที่มีค่ามากกว่าฟอสฟอรัส และเนื่องจากแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห น้อย รังสีของแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ จึงทำให้รังสีหักเหของแสงที่เดินทางไปยังแอลกอฮอล์เบนออกไปจากแนวเดิมมากกว่า เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกันแอลกอฮอล์จะเห็นภาพปลาอยู่ใกล้ตำแหน่งเดิมของตัวปลา มากกว่าฟอสฟอรัส ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ไม่ เหตุผลเพราะ แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสมองปลา แสงจะเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มี n มาก ไปหาตัวกลางที่มี n น้อย ความลึกปรากฏจะมีค่าน้อยกว่าความลึกจริง และถ้ามองปลาในแนวเฉียงมากเท่าไร จะเห็นปลาตื้นมากเท่านั้น ฉะนั้น แอลกอฮอล์จะมองเห็นปลาอยู่ตื้นกว่าที่ฟอสฟอรัสมองเห็น เพราะแอลกอฮอล์มีมุมเฉียงมากกว่าจึงทำให้มองเห็นปลาอยู่ตื้นกว่า แต่ฟอสฟอรัสจะเห็นปลาอยู่ลึกกว่าแอลกอฮอล์ เพราะฟอสฟอรัสมองปลาในแนวตั้ง

(NO.20: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 9, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 12 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า แอลกอฮอล์และฟอสฟอรัสจะมองเห็นปลาอยู่ที่

ตำแหน่งเดียวกัน แต่จะมองเห็นปลาอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งจริง เนื่องจากทั้งแมลงปอและผีเสื้ออยู่ที่ความสูงระยะเดียวกัน

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายว่า “ปลาจะมองเห็นผีเสื้อและแมลงปอมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน ดังตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ปลาจะมองเห็นผีเสื้อและแมลงปออยู่ไกลกว่าตำแหน่งจริง โดยเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ไกลกว่าตำแหน่งจริง เหตุผลเพราะ ปลา มองผีเสื้อและแมลงปอ ในอากาศ แสงจะเคลื่อนที่ จากตัวกลางที่มี n น้อย ไปหา n มาก ทำให้ปลา มองเห็นผีเสื้อและแมลงปออยู่ไกลกว่าตำแหน่งจริง (NO.31: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 10, มีนาคม 2556)

ปลาจะเห็นผีเสื้อและแมลงปอไกลกว่าเดิม เหตุผลเพราะ แสงจะเดินทางจากวัตถุที่อยู่ในอากาศไปยังน้ำ ถ้าแสงจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก จะเห็นวัตถุอยู่ไกลกว่าตำแหน่งจริง (NO.48: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการสะท้อนของแสง ข้อ 10, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 4 เท่านั้นที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ปลาจะมองเห็นแมลงปออยู่ไกลกว่าผีเสื้อ เหตุผลเพราะ ปลาจะมองแมลงปอในแนวเฉียงทำมุมมากกว่าผีเสื้อ รังสีของแสงที่สะท้อนจากแมลงปอจะตกกระทบผิวน้ำระหว่างอากาศและน้ำด้วยมุมตกกระทบที่มีค่ามากกว่าผีเสื้อ และเนื่องจากแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูง รังสีของแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ จึงทำให้รังสีหักเหของแสงจากแมลงปอเบนเข้าจากแนวเดิมมากกว่าผีเสื้อ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน ปลาจะเห็นภาพแมลงปออยู่ไกลจากตำแหน่งเดิมของตัวปลา มากกว่าผีเสื้อ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

มองเห็นแมลงปออยู่สูงกว่าผีเสื้อ เหตุผลเพราะ ปลา มองผีเสื้อและแมลงปอ แสงเคลื่อนที่ จากตัวกลางที่มี n น้อย ไปยังตัวกลางที่มี n มาก ภาพที่ปรากฏจะอยู่ไกลกว่าวัตถุจริง และถ้ายังมองเฉียงมากเท่าไร จะเห็นภาพไกลขึ้นเท่านั้น ฉะนั้นปลาจะมองเห็นแมลงปออยู่สูงกว่าผีเสื้อ (NO.20: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องการหักเหของแสง ข้อ 10, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 32 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ปลาจะมองเห็นผีเสื้ออยู่ไกลกว่าแมลงปอ หรือปลาจะมองเห็นผีเสื้อและแมลงปอมีขนาดต่างกัน เหตุผลเพราะ แมลงปออยู่ไกลกว่าผีเสื้อ

จากผลการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจับคู่ข้อคำถามจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการหักเหของแสงแต่ละข้อกับข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิด เรื่องการหักเหของแสงในข้อคำถามที่ 11 ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ใช้แนวคิดเดียวกันในการแก้ปัญหา จากนั้นนำไปหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ตามเกณฑ์การหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ในตารางที่ 6 ผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับการหักเหของแสง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (N = 50)		
		CT	PT	NT
นกมองปลา ปลา มองนก	อย่างใกล้ชิด	15 (30%)	12 (24%)	23 (46%)
	อย่างไกล	7 (14%)	4 (8%)	39 (78%)
ผีเสื้อ/แมลงปอบน ฟ้า และปลาในน้ำ	อย่างใกล้ชิด	11 (22%)	20 (40%)	19 (38%)
	อย่างไกล	11 (22%)	14 (28%)	25 (50%)

หมายเหตุ: CT (Complete Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์

มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 9 ถึง 16

PT (Partial Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์

มีค่าคะแนนการถ่ายโอนระหว่าง 4 ถึง 8

NT (No Transfer) แทนกลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด

มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 0

เมื่อพิจารณาคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด และจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการหักเหของแสงได้ ทั้งการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล

สำหรับการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิด จากสถานการณ์ “นกกมองปลา ปลา มองนก” นักเรียนร้อยละ 30 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อย รังสีของแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ใกล้กว่าตำแหน่งเดิม และถ้ามองทำมุมมากเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนออกจากแนวเดิมมากขึ้น ภาพที่เห็นจะยิ่งใกล้ขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และจากการศึกษามีนักเรียนร้อยละ 24 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการหักเหของแสง และความลึกจริง ความลึกปรากฏที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อย รังสีของแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ใกล้กว่าตำแหน่งเดิมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ถ้าผู้สังเกตมองทำมุมมากขึ้นเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนออกจากแนวเดิมลดลง ภาพที่เห็นจะไกลออกไปจากเดิม นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 46 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

สำหรับสถานการณ์ “ผีเสื้อ/แมลงปอบนฟ้า และปลาในน้ำ” นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40) สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับการหักเหของแสง และความลึกจริง ความลึกปรากฏที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อย รังสีของแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ใกล้กว่าตำแหน่งเดิม แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ถ้าผู้สังเกตมองทำมุมมากขึ้นเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนออกจากแนวเดิมลดลง ภาพที่เห็นจะไกลออกไปจากเดิม นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 22 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อย รังสีของแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ใกล้กว่าตำแหน่งเดิม และถ้ามองทำมุมมากเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนออกจากแนวเดิมมากขึ้น ภาพที่เห็นจะยิ่งใกล้ขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาใน

สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ส่วนนักเรียนที่เหลือร้อยละ 38 ไม่สามารถถ่ายไอออนแนวกิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ส่วนการถ่ายไอออนแนวกิดอย่างไกล จากสถานการณ์ “นกมองปลา ปลา มองนก” พบว่า นักเรียนร้อยละ 14 สามารถถ่ายไอออนแนวกิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวกิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า รังสีของแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ไกลจากตำแหน่งเดิม และถ้ามองทำมุมมากเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนเข้าจากแนวเดิมมากขึ้น ภาพที่เห็นจะยิ่งไกลขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และจากการศึกษามีนักเรียนร้อยละ 8 สามารถถ่ายไอออนแนวกิดแต่เป็นการถ่ายไอออนแนวกิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวกิดที่ว่า แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า รังสีของแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ไกลจากตำแหน่งเดิมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ถ้าผู้สังเกตมองทำมุมมากขึ้นเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนออกจากแนวเดิมมากขึ้น ภาพที่เห็นจะยิ่งไกลมากขึ้น นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 78 ไม่สามารถถ่ายไอออนแนวกิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

สำหรับสถานการณ์ “ผีเสื้อ/แมลงปอบนฟ้า และปลาในน้ำ” นักเรียน ร้อยละ 28 สามารถถ่ายไอออนแนวกิดได้แต่เป็นการถ่ายไอออนแนวกิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวกิดเกี่ยวกับการหักเหของแสงและความลึกจริง ความลึกปรากฏที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า รังสีของแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ไกลจากตำแหน่งเดิม ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ถ้าผู้สังเกตมองทำมุมมากขึ้นเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนออกจากแนวเดิมมากขึ้น ภาพที่เห็นจะยิ่งไกลมากขึ้น และจากการศึกษามีนักเรียนร้อยละ 22 สามารถถ่ายไอออนแนวกิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวกิดที่ได้เรียนรู้ คือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า รังสีของแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ เมื่อต่อแนวรังสีของแสงไปตัดกัน จะเห็นภาพที่อยู่ไกลจากตำแหน่งเดิม และถ้ามองทำมุมมากเท่าใด จะทำให้รังสีหักเหเบนเข้าจากแนวเดิมมากขึ้น ภาพที่เห็นจะยิ่งไกลขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 50 ไม่สามารถถ่ายไอออนแนวกิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับเลนส์บาง

ตารางที่ 17 ความถี่และร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในสถานการณ์เกี่ยวกับเลนส์บาง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่างๆ (N = 50)				
		SU	PU	PU/SM	SM	NU
ภาพจากเลนส์	อย่างใกล้ชิด	39 (78%)	4 (8%)	2 (4%)	5 (10%)	0 (0%)
	อย่างไกล	25 (50%)	9 (18%)	6 (12%)	10 (20%)	0 (0%)
สายตาสั้น สายตายาว	อย่างใกล้ชิด	4 (8%)	44 (88%)	2 (4%)	0 (0%)	0 (0%)
	อย่างไกล	0 (0%)	0 (0%)	50 (100%)	0 (0%)	0 (0%)

หมายเหตุ: SU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ PU แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

PU/SM แทนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

SM แทนกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ NU แทนกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

การวัดความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเลนส์บาง ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ 2 สถานการณ์ คือ “ภาพจากเลนส์” ผู้วิจัยกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับขนาดภาพที่เกิดจากเลนส์ชนิดต่างๆ 3 อัน ได้แก่ เลนส์อันที่ 1 มีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ระยะวัตถุ 8 เซนติเมตร ขนาดของภาพที่เกิดมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ เลนส์อันที่ 2 มีความยาวโฟกัส 15 เซนติเมตร ระยะวัตถุ 30 เซนติเมตร ขนาดของภาพที่เกิดมีขนาดเท่าวัตถุ และเลนส์อันที่ 3 มีความยาวโฟกัส 20 เซนติเมตร ระยะวัตถุ 20 เซนติเมตร ขนาดของภาพที่เกิดมีขนาดเล็กกว่าวัตถุ และสถานการณ์ “สายตาสั้น สายตายาว” ผู้วิจัยกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับการมองเห็นภาพของผู้ชาย 4 คน ได้แก่ นาย A, B, C และ D มีระยะใกล้สุดที่มองได้ชัดเจน 5, 25, 90 และ 25 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีระยะไกลสุดที่มองได้ชัดเจน 250, ระยะอนันต์, ระยะอนันต์ และ 600 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับสถานการณ์ “ภาพจากเลนส์” ผู้วิจัยวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด โดยให้นักเรียนอธิบายว่า “เลนส์ใดบ้างที่เป็นเลนส์นูน เพราะเหตุใด” ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 17 จากการ

วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 78) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เลนส์อันที่ 1 และอันที่ 2 เป็นเลนส์นูน เหตุผลเพราะ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะน้อยกว่าความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพขนาดเล็กกว่าวัตถุ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะสองเท่าของความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพขนาดเท่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพขนาดเล็กกว่าวัตถุ และเมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะเท่ากับความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพขนาดเล็กกว่าวัตถุ ดังนั้น เลนส์อันที่ 1 และอันที่ 2 จะเป็นเลนส์นูน และเลนส์อันที่ 3 จะเป็นเลนส์เว้า ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

เลนส์อันที่ 1 และอันที่ 2 เป็นเลนส์นูน เหตุผลเพราะ

เมื่อ $S < f$ เลนส์นูน จะได้ภาพขนาดขยาย

เลนส์เว้า จะได้ภาพขนาดย่อเมื่อ

เมื่อ $S = 2f$ เลนส์นูน จะได้ภาพขนาดเท่าวัตถุ

เลนส์เว้า จะได้ภาพขนาดย่อ

เมื่อ $S = f$ เลนส์นูน จะได้ภาพขนาดขยาย

เลนส์เว้า จะได้ภาพขนาดย่อ

ดังนั้น เลนส์อันที่ 1 เป็นเลนส์นูน เลนส์อันที่ 2 เป็นเลนส์นูน และเลนส์อันที่ 3 เป็นเลนส์เว้า

(NO.26: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 11, มีนาคม 2556)

เลนส์อันที่ 1 และอันที่ 2 เป็นเลนส์นูน เหตุผลเพราะ เลนส์อันที่ 1 ระยะวัตถุ $S < f$ ได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ แสดงว่าเป็นเลนส์นูน เลนส์อันที่ 2 ระยะวัตถุ $S = 2f$ ได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดเท่าวัตถุ แสดงว่าเป็นเลนส์นูน เลนส์อันที่ 3 ระยะวัตถุ $S = f$ ได้ภาพเสมือน ขนาดเล็กกว่าวัตถุ แสดงว่าเป็นเลนส์เว้า

(NO.45: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 11, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ร้อยละ 10 โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เลนส์อันที่ 3 เป็นเลนส์นูน โดยนักเรียนเข้าใจว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูน เลนส์นูนจะรวมแสงทำให้ภาพที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นภาพขนาดย่อ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

เลนส์อันที่ 3 เป็นเลนส์นูน เหตุผลเพราะ เลนส์นูนทำหน้าที่รวมแสง ทำให้เห็นภาพขนาดเล็ก

(NO.6: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 11, มีนาคม 2556)

เลนส์อันที่ 3 เป็นเลนส์นูน เหตุผลเพราะ เลนส์นูนมีสมบัติรวมแสง จึงทำให้ขนาดภาพเล็กกว่าวัตถุจริง

(NO.42: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 11, มีนาคม 2556)

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดว่า “ถ้านาย ก ต้องการดูลายมือโดยใช้แว่นขยาย นาย ก จะใช้เลนส์อันที่ 1 แทนแว่นขยายได้หรือไม่ และจะต้องถือเลนส์ห่างจากมือเป็นระยะทางเท่าใด เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า สามารถใช้เลนส์อันที่ 1 แทนแว่นขยายได้ โดยถือเลนส์ห่างจากมือ เป็นระยะทางน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เหตุผลเพราะเลนส์อันที่ 1 เป็นเลนส์นูน เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะน้อยกว่าความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ได้ และต้องถือเลนส์ห่างจากมือเป็นระยะทางน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เหตุผลเพราะ เลนส์นูน ถ้าระยะภาพน้อยกว่าระยะโฟกัส จะได้ภาพเสมือน ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ เพราะแว่นขยายต้องการภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

(NO.29: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 12, มีนาคม 2556)

ได้ ต้องถือเลนส์ห่างจากมือเป็นระยะทางน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เหตุผลเพราะ เลนส์อันที่ 1 เป็นเลนส์นูน ใช้แทนแว่นขยายได้ เพราะทำให้เกิดภาพเสมือนขนาดใหญ่กว่าวัตถุ โดยต้องถือเลนส์ห่างจากมือเป็นระยะ $S < f$ ดังนั้น ถ้าวางวัตถุไว้ที่ระยะ $S < 10$ เซนติเมตร จะได้ภาพเสมือนขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

(NO.45: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 12, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 20 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) โดยนักเรียนเข้าใจว่าแว่นขยายต้องทำจากเลนส์นูน แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เลนส์อันที่ 1 ไม่ใช่เลนส์นูน

สำหรับสถานการณ์ “สายตาสั้น สายตายาว” ผู้วิจัยวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิด โดยให้นักเรียนอธิบายว่า “ชายคนใดบ้างที่มีสายตาสั้น และควรแก้ไขโดยใช้แว่นตาที่มีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 88) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ชายที่มีสายตาสั้น คือ นาย A เท่านั้น และควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์เว้า โดยเขียนอธิบายเหตุผลประกอบดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ต่อไปนี้

ชายที่มีสายตาสั้น คือ นาย A ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์เว้า เหตุผลเพราะเลนส์เว้าทำหน้าที่กระจายแสง

(NO.6: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 13, มีนาคม 2556)

ชายที่มีสายตาสั้น คือ นาย A ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์เว้า เหตุผลเพราะคนสายตาสั้น จะไม่สามารถมองวัตถุที่อยู่ไกลได้ชัดเจน เนื่องจากแสงไปตกไม่ถึงเรตินา เพราะกระจกตายาวเกินไป จึงมีการนำเลนส์เว้ามาทำแว่นตา เลนส์เว้าจะช่วยกระจายแสงให้ภาพตกบนเรตินาพอดี

(NO.45: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 13, มีนาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 8 มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า ชายที่มีสายตาสั้นคือ นาย A และนาย D ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์เว้า เหตุผลเพราะ คนที่มีสายตาสั้นจะมองเห็นวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ ได้ชัดเจน แต่จะมองเห็นวัตถุที่อยู่ไกลๆ ไม่ชัดเจน เนื่องจากแสงจากระยะไกลจะตกไม่ถึงเรตินา การแก้ไขความผิดปกติดังกล่าว คือ การใส่แว่นที่ทำจากเลนส์เว้า เพราะเลนส์เว้าจะช่วยกระจายแสงให้เกิดภาพที่เรตินาพอดี ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ชายที่มีสายตาสั้น คือ A และ D ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์เว้า เหตุผลเพราะคนที่มีสายตาสั้นจะมองเห็นวัตถุใกล้ๆ ได้ชัด โดยระยะใกล้ตาที่ระยะไม่ถึง 25 เซนติเมตร ระยะไกลตาไม่เห็นถึงระยะอนันต์ สำหรับการแก้ไข เลนส์เว้าจะช่วยกระจายแสง ทำให้แสงจากรยะไกลไปตกที่เรตินาได้พอดี

(NO.29: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 13, มีนาคม 2556)

และจากการศึกษาพบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์และไม่เข้าใจแนวคิด

สำหรับการวัดความสามารถในการถ่ายโอนอย่างไกล ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายว่า “นาย C มีความผิดปกติทางสายตาแบบใด และควรแก้ไขโดยใช้แว่นตาที่ทำจากเลนส์ชนิดใด และมีความยาวโฟกัสเท่าใด เพราะเหตุใด” จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า นาย C มีสายตาสั้น ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์นูน แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการคำนวณหาความยาวโฟกัสของเลนส์ที่จะนำมาใช้ทำแว่นตา ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

4. นาย C มีความผิดปกติทางสายตาแบบใด และควรแก้ไขโดยใช้แว่นตาที่ทำจากเลนส์ชนิดใด และมีความยาวโฟกัสเท่าใด เพราะเหตุใด

นาย C มีความผิดปกติทางสายตาแบบ..... สายตาสั้น..... ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์..... นูน..... และมีความยาวโฟกัส..... 19.57..... เซนติเมตร

เหตุผลเพราะ..... กำลังมองเห็นวัตถุใกล้

กำหนด $f = 9$, $S = 90$ cm, $S' = 25$ cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{90} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{5 + 18}{450}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{23}{450}$$

$$f = \frac{450}{23}$$

$$\therefore f = 19.565 \text{ cm}$$

คำตอบของนักเรียน

(NO.25: แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด เรื่องเลนส์บาง ข้อ 14, มีนาคม 2556)

ตารางที่ 18 ความถี่และร้อยละของนักเรียนตามความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเกี่ยวกับเลนส์บาง

สถานการณ์	ประเภทของการถ่ายโอน	ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (N = 50)		
		CT	PT	NT
ภาพจากเลนส์บาง	อย่างใกล้ชิด	7 (14%)	13 (26%)	30 (60%)
	อย่างไกล	0 (0%)	22 (44%)	28 (56%)
สายตาสั้น สายตา ยาว	อย่างใกล้ชิด	12 (24%)	8 (16%)	30 (60%)
	อย่างไกล	12 (24%)	11 (22%)	27 (54%)

หมายเหตุ: CT (Complete Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์ มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 9 ถึง 16
 PT (Partial Transfer) แทนกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ มีค่าคะแนนการถ่ายโอนระหว่าง 4 ถึง 8
 NT (No Transfer) แทนกลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด มีค่าคะแนนการถ่ายโอนเท่ากับ 0

เมื่อพิจารณาคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด และจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องเลนส์บางได้ ทั้งการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล

สำหรับการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิด จากสถานการณ์ “ภาพจากเลนส์บาง” นักเรียนร้อยละ 26 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูน และภาพจากเลนส์เว้าที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยนักเรียนกล่าวถึงภาพที่เกิดจากเลนส์นูนและภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะน้อยกว่าความยาวโฟกัส หรือวางวัตถุไว้ที่ระยะเท่ากับความยาวโฟกัส หรือวางวัตถุไว้ที่ระยะมากกว่าความยาวโฟกัส ระยะใดระยะหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งระยะ แต่ไม่ครบทั้ง 3

ระยะ และจากการศึกษามีนักเรียนร้อยละ 14 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะทางน้อยกว่าความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะทางเป็นสองเท่าของความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพขนาดเท่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพขนาดเล็กกว่าวัตถุ และเมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะเท่ากับความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพขนาดเล็กกว่าวัตถุ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 60 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

สำหรับสถานการณ์ “สายตาสั้น สายตายาว” นักเรียนร้อยละ 24 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ คือ คนที่มีสายตาสั้นจะมองเห็นวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ ได้ชัดเจน แต่จะมองเห็นวัตถุที่อยู่ไกลๆ ไม่ชัดเจน เนื่องจากแสงจากระยะไกล จะตกไม่ถึงเรตินา การแก้ไขความผิดปกติดังกล่าว คือ การใส่แว่นที่ทำจากเลนส์เว้า เพราะเลนส์เว้าจะช่วยกระจายแสง ให้เกิดภาพที่เรตินาพอดีไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และจากการศึกษามีนักเรียนร้อยละ 16 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูน ภาพจากเลนส์เว้า ไปอธิบายความผิดปกติของสายตา คือ คนที่มีสายตาสั้นจะมองเห็นวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ ได้ชัดเจน การแก้ไขความผิดปกติดังกล่าว คือ การใส่แว่นที่ทำจากเลนส์เว้า แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงสาเหตุของความผิดปกติทางสายตาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 60 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ส่วนการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล จากสถานการณ์ “ภาพจากเลนส์บาง” พบว่านักเรียนร้อยละ 44 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูน และภาพจากเลนส์เว้าที่ได้เรียนรู้ คือ เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะทางน้อยกว่าความยาวโฟกัส ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ แต่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับระยะวัตถุที่จะทำให้เลนส์นูนเกิดภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 56 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ และจากการศึกษาไม่มีนักเรียนที่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT)

สำหรับสถานการณ์ “สายตาสั้น สายตายาว” นักเรียนร้อยละ 24 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ (CT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูน ภาพจากเลนส์เว้า และความผิดปกติของสายตาที่ได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และจากการศึกษา มีนักเรียนร้อยละ 22 สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูน ภาพจากเลนส์เว้า และความผิดปกติของสายตาที่ได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนไม่สามารถคำนวณหาความยาวโฟกัสของเลนส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของสายตาได้ถูกต้อง นอกจากนี้พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 54 ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิด (NT) ไปใช้ในการแก้ปัญหในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

ผู้วิจัยศึกษาแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาในการวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาสำคัญที่พบ แนวทางการแก้ไขปัญหา และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด จากบันทึกหลังสอนของครู อนุทินของนักเรียน และวีดิทัศน์บันทึกการสอน โดยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของ Eisenkraft (2003) ซึ่งแบ่งการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เป็นขั้นที่ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้ทราบพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน จะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยนำเรื่องที่นำเสนอซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยของนักเรียน หรืออาจเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบ และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจตรวจสอบทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้ในเรื่องอื่นๆ

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้

ผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 19 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบ ความรู้เดิม	กิจกรรมกระดาศใบเล็ก เรื่องการเคลื่อนที่และ อัตราเร็วของแสง ช่วยให้ครูได้ทราบความรู้เดิม ของนักเรียน นักเรียนมีความสุขที่ได้ปฏิบัติ กิจกรรม	ข้อคำถามในกระดาศใบเล็ก “วาดรูปเพื่อแสดง รังสีของแสง” ไม่สามารถสื่อความหมายให้ นักเรียนเข้าใจตามจุดประสงค์ที่ครูต้องการวัด ได้	ปรับข้อคำถามใหม่เพื่อให้สื่อความหมายได้ ชัดเจน และครูใช้คำถามเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนสื่อสารในสิ่งที่ครูต้องการ
ขั้นสร้างความสนใจ	การให้นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้นก่อนทำ กิจกรรม ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ เป็นอย่างดี	-	-
ขั้นสำรวจและค้นหา	นักเรียนให้ความสนใจ และให้ความร่วมมือใน การทำกิจกรรมเป็นอย่างดี เนื่องจากนักเรียน ไม่ ค่อยได้ทำกิจกรรมการทดลองมากนัก	ไฟฉายที่ครูจัดไว้ให้มีความเข้มแสงน้อย และ กระดาศแข็งที่ครูนำมาใช้ทำฉากรับแสงมีสีขาว ทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของ แสงได้ไม่ชัดเจนมากนัก	ครูให้นักเรียนเปลี่ยนไปใช้เลเซอร์สีแดงแทน เพื่อจะได้สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของแสง ได้ชัดเจนขึ้น
ขั้นอธิบาย	นักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ และเกิดการ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน ทำให้อาจารย์ ทราบแนวคิดของนักเรียนมากขึ้น	-	-

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นขยายความรู้	การให้นักเรียนศึกษาประวัติการวัดอัตราเร็วแสง ทำให้ครูสามารถชี้ให้นักเรียนเห็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจเกี่ยวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการวัดอัตราเร็วแสง จากการอ่านใบกิจกรรม เนื่องจากประกอบในใบกิจกรรม สื่อความหมายได้ไม่ชัดเจน	ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม และอธิบายเพิ่มเติมสำหรับกลุ่มที่สงสัย และควรใช้ภาพประกอบในใบกิจกรรมที่สื่อความหมายได้ชัดเจน
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน และความคิดเห็นอื่นๆ ที่นักเรียนมีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	นักเรียนเขียนอนุทินโดยบันทึกในส่วนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่มีต่อการเรียน ข้อสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะที่มีต่อการเรียนได้ถูกต้อง แต่ในส่วนการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ประโยชน์ นักเรียนส่วนใหญ่บันทึกว่า สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการเรียนได้	ครูชี้แนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบันทึกอนุทินในหัวข้อ การนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ประโยชน์ โดยยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นนักเรียน
ขั้นนำความรู้ไปใช้	การให้นักเรียนสรุปแผนผังความคิดเรื่องการใช้ประโยชน์จากแสงที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับชีวิตประจำวันได้ และเกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้ดียิ่งขึ้น	รูปภาพไฟฉาย จากกิจกรรมที่ 3 เรื่องธรรมชาติของแสง ไม่สามารถทำให้นักเรียนถ่ายโอนแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนพิจารณาเฉพาะลำแสงที่สังเกตเห็นเท่านั้น	ครูควรนำตัวอย่างไฟฉายมาให้แก่นักเรียนอธิบายลักษณะรังสีของแสงก่อนในขั้นอธิบาย และควรเน้นให้นักเรียนเห็นว่า รังสีของแสงจะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงทุกชนิดในลักษณะกระจายทุกทิศทาง

ตารางที่ 20 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการสะท้อนของแสง

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม	นักเรียนให้ความสนใจในวิดิทัศน์ที่ครูเปิด และจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ทำให้ทราบความรู้นี้เดิมของนักเรียน	นักเรียนที่อยู่หลังห้องได้ยินเสียงจากวิดิทัศน์ไม่ชัดเจน	ครูควรจัดหาอุปกรณ์ในการขยายเสียงเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนทุกคนได้ยินเสียงได้ชัดเจน
ขั้นสร้างความสนใจ	-	นักเรียนไม่เข้าใจข้อคำถามของครู ทำให้ทำนายผลได้ไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครูวางไว้	ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อคำถาม เพื่อให้ นักเรียนอธิบายได้สอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการให้ นักเรียนเรียนรู้
ขั้นสำรวจและค้นหา	การให้นักเรียนได้บันทึกสิ่งที่สังเกตในใบกิจกรรมที่ 4 ช่อง O เป็นรายบุคคล ทำให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่ม	เนื่องจากห้องเรียนไม่มีคพอ ทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะแสงที่สะท้อนจากพื้นผิวต่างๆ ได้ไม่ชัดเจน	ครูให้นักเรียนย้ายที่ทำการทดลองจากบนโต๊ะ เป็นใต้โต๊ะ เพื่อให้สังเกตลักษณะแสงสะท้อนได้ชัดเจนขึ้น
ขั้นอธิบาย	-	นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสรุปแนวคิดจากการทำกิจกรรมได้	ครูใช้คำถามชี้นำเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนสรุปแนวคิดได้ถูกต้อง
ขั้นขยายความรู้	นักเรียนให้ความสนใจดี และการที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม ทำให้นักเรียนสามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงได้	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนมาก และต้องใช้เวลาในการติดตั้งอุปกรณ์ ทำให้เวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอ	ควรเปลี่ยนอุปกรณ์การทดลองจากชุดกล่องแสงเป็นเลเซอร์ เพื่อลดเวลาในการติดตั้งอุปกรณ์
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้อธิบายแนวคิดของนักเรียน	-	-

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นนำความรู้ไปใช้	-	กิจกรรมเดินไปเดินมาอาจเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน ทำให้ไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้สมบูรณ์	ควรปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้

ตารางที่ 21 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม	บัตรคำถามก่อนเรียน ช่วยให้ครูได้ทราบความรู้เดิมของนักเรียน	-	-
ขั้นสร้างความสนใจ	-	คำถามของครูไม่ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเท่าที่ควร	ควรใช้คำถามที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนอยากเรียนรู้
ขั้นสำรวจและค้นหา	การที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม ทำให้นักเรียนสามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้	คำอธิบายการทำกิจกรรมในใบกิจกรรมไม่ละเอียด และไม่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เกิดข้อสงสัยในการทำกิจกรรม	ครูสาธิตการจัดอุปกรณ์ในการทำกิจกรรม และอธิบายวิธีการทำกิจกรรมเพิ่มเติม

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นอธิบาย	นักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ และเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน ทำให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียนมากขึ้น	นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสรุปแนวคิดจากการทำกิจกรรมได้	ครูใช้คำถามชี้นำเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนสรุปแนวคิดได้ถูกต้อง
ขั้นขยายความรู้	การใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะของภาพได้ชัดเจน และสามารถเขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ง่าย	นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถทำนายภาพที่เกิดขึ้น ก่อน นักเรียนใช้กระจกเงาราบสังเกตภาพที่เกิดขึ้น	ครูควรแจกกระจกเงาราบให้นักเรียน หลังจาก ที่นักเรียนทำนายลักษณะของภาพแล้ว
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน	-	-
ขั้นนำความรู้ไปใช้	สถานการณ์ที่ครูเลือกมาใช้เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนถ่ายโอนแนวคิดได้	กระจกมองข้างรถยนต์มีหลายแบบ ทำให้นักเรียนสับสนเกี่ยวกับภาพที่เกิดขึ้น	ครูใช้รูปประกอบให้นักเรียนทุกคนเข้าใจตรงกันก่อนตอบคำถาม

ตารางที่ 22 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบ ความรู้เดิม	บัตรคำถามก่อนเรียนช่วยให้ครูได้ทราบความรู้เดิม ของนักเรียน	ข้อคำถามของครูที่ให้นักเรียนเขียนรังสีของ แสงจากกระจกโค้งนั้นยากเกินไป ทำให้ นักเรียนไม่ตอบคำถาม	คำถามที่นำมาใช้ในการตรวจสอบความรู้เดิม ของนักเรียน ควรเป็นข้อคำถามที่ง่ายและ นักเรียนคุ้นเคย
ขั้นสร้างความสนใจ	ครูนำชิ้น ทับพี และกระทะมาชี้แทนกระจกนูน และกระจกเว้า ซึ่งเป็นสิ่งที่คุ้นเคยกับชีวิตประจำวัน ของนักเรียน ทำให้นักเรียนตื่นเต้น และสนใจทำ กิจกรรมดี และการใช้สิ่งที่นักเรียนพบเห็นบ่อยๆ ใน ชีวิตประจำวันช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ได้ ดีขึ้น	-	-
ขั้นสำรวจและค้นหา	กิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน- เว้า ทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะรังสีของแสงเมื่อ สะท้อนจากกระจกโค้งนูน-เว้า ได้ชัดเจน และ สามารถสรุปลักษณะของกระจกนูนและกระจกเว้า ได้	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนมาก และ ต้องใช้เวลาในการติดตั้งอุปกรณ์ ทำให้นักเรียน เหลือเวลาในการทำกิจกรรมน้อย	ครูควรติดตั้งหม้อแปลงโวลต์ต่ำ และวาง อุปกรณ์ไว้ที่โต๊ะนักเรียนก่อน เพื่อลดเวลาใน การทำกิจกรรม
ขั้นอธิบาย	-	เวลาที่ใช้ในการอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหา ตำแหน่งภาพ และการขยายของภาพ ทำให้ นักเรียนบางคนตามไม่ทัน	ครูควรมอบหมายให้นักเรียนศึกษามาล่วงหน้า ก่อนเข้าชั้นเรียน

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นขยายความรู้	นักเรียนได้ฝึกการเขียนรังสีของแสงจากกระจกนูน และกระจกเว้า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะต่างๆ ทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญ และสามารถสรุปลักษณะภาพที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง และช่วยให้สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้	เวลาในการทำกิจกรรมน้อย ทำให้นักเรียนฝึกการคำนวณเกี่ยวกับภาพจากกระจกนูน ทำให้ไม่เกิดความชำนาญ	ครูควรให้ใบงานเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ในการคำนวณเกี่ยวกับภาพจากกระจกโค้ง โดยให้นักเรียนทำนอกเวลาเรียน
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน	-	-
ขั้นนำความรู้ไปใช้	การใช้สถานการณ์ที่หลากหลายและเป็นสิ่งที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ง่ายขึ้น	นักเรียนบางคนเข้าใจว่า วัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช่กระจกโค้ง แต่มีลักษณะผิวสะท้อนโค้ง จะทำให้เกิดภาพที่ต่างจากกระจกโค้ง	ครูควรอธิบายเพิ่มเติมและเน้นให้นักเรียนทราบว่า วัสดุทุกชนิดที่ลักษณะผิวสะท้อนโค้งสามารถทำให้เกิดภาพลักษณะเช่นเดียวกับกระจกโค้งได้ โดยครูควรยกตัวอย่างเชื่อมโยงกับช้อน ทักษิ และกระทะ ที่นำมาใช้ในชั้นสร้างความสนใจ

ตารางที่ 23 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องการหักเหของแสง

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบ ความรู้เดิม	กิจกรรมกระดาศใบเล็ก เรื่องการหักเหของแสง ช่วย ให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียน และการที่ นักเรียนทุกคนนำคำตอบคิดหน้าชั้นเรียน ทำให้ครู ทราบความรู้เดิมของนักเรียนทุกคนได้ครอบคลุม	นักเรียนบางคนเขียนอธิบายคำตอบละเอียดมาก เกินไป และการนำคำตอบมาติดหน้าชั้นเรียน ทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากเกินไป	ครูเน้นให้นักเรียนตอบเพียงสั้นๆ แต่ตรงตาม ประเด็นที่ครูถาม
ขั้นสร้างความสนใจ	กิจกรรมที่ครูนำมาใช้ช่วยให้นักเรียนมองเห็นการ เปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน	การใช้การสาธิตหน้าชั้นเรียนทำให้นักเรียนที่ อยู่หลังห้องขาดความสนใจ และไม่ให้ความ ร่วมมือในการทำกิจกรรมเท่าที่ควร	ควรให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเองเป็นกลุ่ม
ขั้นสำรวจและค้นหา	กิจกรรมที่ 13 เรื่องการหักเหของแสง ช่วยให้นักเรียน สามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับกฎการหักเหของแสงได้	ผลการทดลองของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อน มาก เนื่องจากลำแสงจากกล่องแสงมีความเข้ม ไม่มากนัก และแนวรังสีมีขนาดใหญ่ ทำให้การ วัดมุมตกกระทบและมุมหักเหเกิดความ คลาดเคลื่อนขึ้น ทำให้ไม่สามารถสรุปกฎการ หักเหได้ถูกต้อง	ครูชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงความคลาด เคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดลอง และยกตัวอย่าง ผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย แล้ว จึงให้นักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดเกี่ยวกับกฎ การหักเหของแสง นอกจากนี้ ควรเปลี่ยนชุด กล่องแสงเป็นเลเซอร์ เพื่อให้สังเกตเห็นรังสีของ แสงในการทำกิจกรรมได้ชัดเจนขึ้น

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นอธิบาย	-	นักเรียนบางคนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกฎของสเนลล์จากที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้ ทำให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับกฎของสเนลล์เมื่อเชื่อมโยงกับค่าดัชนีหักเหได้ไม่ถูกต้อง	ครูควรตรวจสอบความรู้เดิมเรื่องกฎของสเนลล์ก่อนจัดการเรียนรู้ด้วย
ขั้นขยายความรู้	นักเรียนได้ศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีหักเหของแสงกับความหนาแน่นของตัวกลาง ทำให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบดัชนีหักเหของตัวกลางที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำ และอากาศได้	เวลาในการทำกิจกรรมน้อย ทำให้นักเรียนฝึกการคำนวณเกี่ยวกับดัชนีหักเหของแสงน้อย และจากสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนไม่รู้จักแกว์ฟลินท์ ทำให้เชื่อมโยงความรู้ได้ยาก	ครูควรให้ใบงานเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ในการคำนวณเกี่ยวกับดัชนีหักเหของแสง โดยให้นักเรียนทำนอกเวลาเรียน นอกจากนี้ สถานการณ์ที่ครูนำมาใช้เพื่อฝึกประสบการณ์ของนักเรียน ควรเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงแนวคิดได้ดีขึ้น
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน	-	-

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ชั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นนำความรู้ไปใช้	การเลือกใช้ปรากฏการณ์ที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน จะช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจและถ่ายโอนแนวคิดได้ดี	-	-

ตารางที่ 24 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏ

ชั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม	สถานการณ์ที่ยกมาใช้ สามารถดึงความสนใจของนักเรียนได้ดี และช่วยให้ผู้สอนทราบความรู้เดิมของนักเรียน	-	-
ขั้นสร้างความสนใจ	กิจกรรมเหรียญล่องหนช่วยให้นักเรียนมองเห็นความลึกจริงและความลึกปรากฏได้ ทำให้สามารถเชื่อมโยงแนวคิดกับสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น	แก้วนํ้าที่ครูเตรียมมานั้น เป็นแก้วทรงสูงทำให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ได้ไม่ชัดเจน	ครูควรใช้แก้วกาแฟที่มีความสูงของแก้วไม่มากนัก และควรเป็นแก้วสีขาวทึบ เพื่อให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ได้ชัดเจนขึ้น

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นสำรวจและค้นหา	นักเรียนได้สังเกตปรากฏการณ์จริง ช่วยส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับความลึกจริง ความลึกปรากฏได้ดียิ่งขึ้น	นักเรียนสังเกตตำแหน่งของเหรียญจากกิจกรรมเหรียญล่องหนได้ไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนขาดความชัดเจนในการสรุปแนวคิดเรื่องความลึกจริง-ความลึกปรากฏ	ครูใช้ภาพถ่ายการทำกิจกรรมเหรียญล่องหน ที่สามารถสังเกตตำแหน่งเหรียญและตำแหน่งของภาพได้ชัดเจนมาให้นักเรียนดู แล้วให้นักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดเรื่องความลึกจริง-ความลึกปรากฏ
ขั้นอธิบาย	การให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงตำแหน่งภาพที่เกิดจากความลึกจริง-ความลึกปรากฏ ทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับความลึกจริง-ความลึกปรากฏเพิ่มมากขึ้น	นักเรียนบางคนไม่เข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง ความลึกปรากฏ และ ครรชนหักเหของแสง เนื่องจากครูมีเวลาจำกัดในการอธิบาย	ครูควรมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง ความลึกปรากฏ และ ครรชนหักเหของแสง ในหนังสือเรียน มาล่วงหน้า
ขั้นขยายความรู้	นักเรียนเกิดความชำนาญในการเขียนรังสีของแสง เพื่อแสดงความลึกปรากฏของภาพ และช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ดีขึ้น	นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการวาดรังสีของแสงเพื่อแสดงตำแหน่งของภาพแต่ที่อยู่ก้นอ่างน้ำ ในกิจกรรมที่ 20 เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจว่าแสงจะพุ่งออกจากเต้าที่ตำแหน่งใด	ครูควรใช้วัตถุที่มีรูปทรงไม่ซับซ้อนในการให้นักเรียนฝึกการเขียนรังสีของแสง
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน	-	-

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นนำความรู้ไปใช้	กิจกรรมทำได้ ทรายเสีย ทำให้นักเรียนได้คิด และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เป็นกิจกรรมที่สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้มาก	เนื่องจากครูจัดตู้ปลาไว้เพียงตัวเดียว ทำให้นักเรียนใช้เวลามากในการทำกิจกรรม เนื่องจากต้องรอเพื่อนกลุ่มอื่นๆ	ครูควรจัดหาตู้ปลาและอุปกรณ์สำหรับทำกิจกรรมให้เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน โดยไม่ให้นักเรียนต้องเสียเวลาในการรอทำกิจกรรม

ตารางที่ 25 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องเลนส์นูน

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม	บัตรคำถามก่อนเรียน ช่วยให้ครูได้ทราบความรู้เดิมของนักเรียน	นักเรียนไม่เข้าใจคำถามของครู ทำให้ไม่ตอบคำถาม	ควรปรับข้อคำถามให้สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนมากขึ้น
ขั้นสร้างความสนใจ	-	- ประเด็นคำถามที่ครูนำมาใช้ไม่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนมากนัก - นักเรียนบางคนนึกภาพจากสถานการณ์ที่ครูยกมาไม่ออก ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามได้	- คำถามที่นำมาใช้เพื่อสร้างสนใจ ควรเป็นคำถามที่นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และแปลกใหม่ เพื่อให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเรียน - ครูใช้คำถามชี้นำเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตอบคำถาม

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ชั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นสำรวจและค้นหา	กิจกรรมที่ 22 เรื่องคุณสมบัติของเลนส์นูน ทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะรังสีของแสงเมื่อหักเหผ่านเลนส์นูน ได้ชัดเจน และสามารถสรุปลักษณะของเลนส์นูนได้	คำอธิบายการทำกิจกรรมในใบกิจกรรมไม่ละเอียด และไม่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เกิดข้อสงสัยในการทำกิจกรรม	ครูอธิบายวิธีการทำกิจกรรมเพิ่มเติม
ขั้นอธิบาย	นักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ และเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน ทำให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียนมากขึ้น	-	-
ขั้นขยายความรู้	- กิจกรรมที่ 23 เรื่อง การหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน ช่วยนำนักเรียนไปสู่การสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัสได้ดี - นักเรียนได้ฝึกการเขียนรังสีของแสงจากเลนส์นูนเมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะต่างๆ ทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญในการเขียนรังสีของแสง และสามารถสรุปลักษณะภาพที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง และช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ดีขึ้น	- ผลการทดลองของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมาก เนื่องจากการสังเกตลักษณะภาพที่ชัดที่สุดของนักเรียนแต่ละคนไม่เหมือนกัน ทำให้ไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัสได้ - เวลาในการทำกิจกรรมน้อย ทำให้นักเรียนฝึกการคำนวณเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูนน้อย ทำให้ไม่เกิดความชำนาญ	- ครูควรระบุให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจนว่าภาพที่ชัดเจนที่สุดนั้นเป็นอย่างไร เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากผู้สังเกต และควรเตรียมผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดไว้ด้วย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสรุปแนวคิดให้นักเรียน - ครูควรให้ใบงานเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ในการคำนวณเกี่ยวกับภาพจากเลนส์นูน โดยให้นักเรียนทำนอกเวลาเรียน

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ชั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้แก่นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้อ่าน และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน	-	-
ขั้นนำความรู้ไปใช้	กิจกรรมที่ 25 เรื่องการใช้ประโยชน์จากเลนส์นูน ช่วยลดเวลาในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหลักการทํางานของทัศนอุปกรณ์ แล้วให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาจากสิ่งที่เพื่อนได้สรุปไว้	นักเรียนบางกลุ่มสรุปสาระสำคัญไม่ครบถ้วนครอบคลุม ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้บางแนวคิดเกี่ยวกับทัศนอุปกรณ์ไม่ครบถ้วน	ครูอภิปรายและสรุปแนวคิดรวบยอดเพิ่มเติมหลังนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จ นอกจากนี้ ในการทำกิจกรรมครูควรตรวจสอบแนวคิดรวบยอดของนักเรียนแต่ละกลุ่มก่อน ให้นักเรียนนำเสนอผลงานลงในกระดาษแผ่นใหญ่ เพื่อป้องกันแนวคิดคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้น

ตารางที่ 26 จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่องเลนส์เว้า

ชั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม	สถานการณ์ที่ยกมาใช้ สามารถดึงความสนใจของนักเรียนได้ดี และช่วยให้ผู้สอนทราบความรู้เดิมของนักเรียน	-	-

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ชั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นสร้างความสนใจ	-	ประเด็นคำถามที่ครูนำมาใช้ไม่สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้มากนัก	คำถามที่นำมาใช้เพื่อสร้างความสนใจ ควรเป็นคำถามที่แปลกใหม่ เพื่อให้เกิดความอยากรู้อยากเรียน
ขั้นสำรวจและค้นหา	กิจกรรมที่ 26 เรื่องคุณสมบัติของเลนส์เว้า ทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะรังสีของแสงเมื่อหักเหผ่านเลนส์เว้าได้ชัดเจน และสามารถสรุปลักษณะของเลนส์เว้าได้	เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอ	ครูนำกิจกรรมดังกล่าวไปจัดร่วมกับกิจกรรมที่ 22 เรื่องคุณสมบัติของเลนส์นูน เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมเหมือนกัน
ขั้นอธิบาย	-	เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า แต่ครูเชื่อมโยงผลการศึกษากับเรื่องของเลนส์นูนเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัส ทำให้นักเรียนบางคนเกิดความสงสัยว่า เลนส์นูนกับเลนส์เว้าจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัสเหมือนกันหรือไม่	ครูควรหาวิธีที่สนับสนุนการทดลองการหาตำแหน่งภาพของเลนส์เว้า หรือใช้การทดลองเสมือนเพื่อให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดได้ดีขึ้น

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดเด่น	จุดด้อย/ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
ขั้นขยายความรู้	นักเรียนได้ฝึกการเขียนรังสีของแสงจากเลนส์เว้า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ระยะต่างๆ ทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญในการเขียนรังสีของแสง และสามารถสรุปลักษณะภาพที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง และช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ดีขึ้น	เวลาในการทำกิจกรรมน้อย ทำให้นักเรียนฝึกการคำนวณเกี่ยวกับภาพจากเลนส์เว้า ทำให้ไม่เกิดความชำนาญ	ครูควรให้ใบงานเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ในการคำนวณเกี่ยวกับภาพจากเลนส์เว้า โดยให้นักเรียนทำนอกเวลาเรียน
ขั้นประเมินผล	การเขียนอนุทินช่วยให้นักเรียนได้สรุปความคิดในเรื่องที่ได้เรียนรู้ และช่วยให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน	-	-
ขั้นนำความรู้ไปใช้	การใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์จริงจะช่วยให้ นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดที่เรียนรู้ได้ดีขึ้น	นักเรียนบางคนไม่เข้าเกี่ยวกับหลักการใช้เลนส์นูนและเลนส์เว้ามาช่วยแก้ปัญหาความผิดปกติของสายตา เนื่องจากนักเรียนไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับหลักการมองเห็นภาพของตามาก่อน	ครูควรตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับหลักการมองเห็นภาพของตาด้วย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ดีขึ้น

จากการวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาสำคัญที่พบ แนวทางการแก้ไขปัญหา และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน สามารถสรุปแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้น ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation)

1. ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อน เพื่อจะได้รู้ว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมอย่างไร จะได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ถูกต้อง โดยครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา คำถามที่นำมาใช้ในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ควรมีความหลากหลาย เป็นคำถามที่ง่ายและนักเรียนคุ้นเคย

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 19 - 26 พบว่า ครูใช้กิจกรรมที่หลากหลายในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เช่น ในแผนที่ 1 และ 5 ครูตรวจสอบความรู้เดิมโดยใช้กิจกรรมกระดาดแผ่นเล็ก แผนที่ 3, 4, 6, 7 และ 8 ใช้บัตรคำถาม นอกจากนี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ครูให้นักเรียนคู่วิเคราะห์ แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้เดิมออกมา

สำหรับคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ครูควรใช้คำถามที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ หรือการวาดภาพเพื่ออธิบายลักษณะรังสีของแสง ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน มีดังต่อไปนี้

“ลักษณะการเคลื่อนที่ของแสงเป็นอย่างไร”

“แสงเคลื่อนที่เร็วหรือไม่ อย่างไร”

“วาดรูปเพื่อแสดงรังสีของแสง”

(ตัวอย่างคำถาม จากกิจกรรมกระดาดแผ่นเล็ก เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง)

“ชายคนหนึ่งกำลังล่าปลาโดยใช้ไม้ปลายแหลม นักเรียนคิดว่า ถ้าเขามองเห็นปลาที่ตำแหน่ง ค เขาจะต้องพุ่งไม้ไปที่ตำแหน่งใด จึงมีโอกาสถูกตัวปลา เพราะเหตุใด”

(ตัวอย่างคำถาม จากบัตรคำถามเรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏ)

2. ครูควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนขึ้น และหากนักเรียนยังไม่มีความรู้พื้นฐานใด ครูควรอธิบายให้นักเรียนมีแนวคิดเรื่องนั้นๆ ก่อน

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนที่ 7 เรื่องเลนส์นูน จากตารางที่ 25 พบว่า นักเรียนบางคนไม่เข้าใจ สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัส มีที่มาอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินของนักเรียน และบันทึกหลังสอนของครู ดังนี้

“จากที่ครูอธิบายยังสงสัยอยู่ว่า ข้อมูลที่ได้จากกราฟการทดลองนั้นสัมพันธ์กับสมการ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \text{ อย่างไร และดูอย่างไรว่าความชันกราฟมีค่าเท่าใด”}$$

(NO.6: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

“นักเรียนบางคนไม่ทราบวิธีการหาความชันกราฟ ทำให้ไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสได้”

(บันทึกหลังสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. การสร้างความสนใจก่อนการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ถือเป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อความสนใจในการทำกิจกรรมของนักเรียน ดังนั้น กิจกรรมที่ครูจะนำมาใช้ในการสร้างความสนใจของนักเรียนควรเป็นกิจกรรมที่สนุก น่าตื่นเต้น และแปลกใหม่ หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏ จากตารางที่ 24 พบว่า กิจกรรมเหรียญล่องหน ที่ให้นักเรียนนำเหรียญบาทใส่ไว้ที่ก้นแก้ว แล้วให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งในกลุ่มจ้องมองที่ก้นแก้ว โดยวางแก้วน้ำให้อยู่ห่างจากขอบ

โต๊ะเป็นระยะ 1 ฟุต จากนั้นให้นักเรียนที่เป็นผู้สังเกตนั่งอยู่บนเก้าอี้ที่ขอบโต๊ะ จากนั้นมองที่กันแก้ว โดยไม่ต้องชะโงกหน้า ครูถามคำถามว่า นักเรียนมองเห็นอะไรบ้าง ครูถามนักเรียนต่อว่า หากเทน้ำลงในแก้ว นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันทำนายผลที่จะเกิดขึ้นก่อนเทน้ำลงไปในแก้ว จากกิจกรรมดังกล่าวพบว่า นักเรียนให้ความสนใจในการทำกิจกรรม และตื่นเต้นกับผลที่จะเกิดขึ้น ดังตัวอย่างจากอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไปนี้

“ชอบกิจกรรมเหรียญล่องหนที่ครูสอนวันนี้ ตื่นเต้น และลุ้นมากกว่าจะเกิดอะไรขึ้นเมื่อเทน้ำลงไปในแก้ว และมันจะไปเกี่ยวข้องกับแสงอย่างไร”

(NO.35: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

“อยากให้ครูมีกิจกรรมสนุกเหมือนเหรียญล่องหนมาให้อีก เพราะจะทำให้หนูรู้สึกตั้งใจเรียนเป็นพิเศษ แต่น่าเสียดายมากค่ะ ที่กลุ่มหนูมองเห็นไม่ค่อยชัด”

(NO.43: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

2. ครูควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และควรใช้คำถามที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายและมีความเชื่อมโยงกับกิจกรรมที่นำมาใช้

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า คำถามที่ครูใช้มีผลต่อความสนใจของนักเรียน หากคำถามที่ครูใช้ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและไม่เข้าใจคำถาม นักเรียนจะละความสนใจจากคำถามของครูทันที ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องเลนส์นูน ที่ครูถามว่า “ถ้านำแว่นขยายรับแสงจากวัตถุไกลๆ นอกหน้าต่างห้องเรียน เช่น ดิน ไม้สูง หรือเสาธง แล้วใช้กระดาษขาวรับภาพด้านหลังแว่นขยาย ภาพที่ปรากฏบนกระดาษมีลักษณะอย่างไร” จากการสังเกตการจัดกิจกรรมพบว่า นักเรียนบางคนนึกภาพตามคำถามที่ครูถามไม่ออก ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามดังกล่าวได้ และหันไปสนใจอย่างอื่นทันที ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกหลังสอนของครู ดังนี้

“นักเรียนไม่เข้าใจคำถามที่ถามว่า ถ้านำแว่นขยายรับแสงจากวัตถุไกลๆ นอกหน้าต่างห้องเรียน เช่น ดิน ไม้สูง หรือเสาธง แล้วใช้กระดาษขาวรับภาพด้านหลังแว่นขยาย ภาพที่ปรากฏบนกระดาษมีลักษณะอย่างไร จึงไม่ตอบคำถามครู จากการสอบถามเพิ่มเติมพบว่า นักเรียนนึกไม่ออกว่าสถานการณ์ที่ครูยกมาเป็นอย่างไร ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามได้”

(บันทึกหลังสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. การสำรวจและค้นหาความรู้ ควรให้นักเรียนได้เป็นผู้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม เช่น การทดลอง ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น และกิจกรรมที่นำมาใช้ควรเป็นกิจกรรมที่นักเรียนสามารถสังเกตผลที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูใช้กิจกรรมที่เน้นการทดลองให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ตัวอย่างเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า โดยให้นักเรียนสังเกตลักษณะของลำแสงที่สะท้อนจากผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า แล้วจึงสรุปว่า ผิวสะท้อนโค้งนูนจะกระจายแสง ส่วนผิวสะท้อนโค้งเว้าจะรวมแสง นอกจากนี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง เรื่องการหักเหของแสง โดยให้นักเรียนสังเกตและวัดมุมตกกระทบและมุมหักเหของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านแท่งพลาสติกใสรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จากนั้นนำมุมที่วัดได้มาสรุปเป็นกฎการสะท้อนของแสง

2. ครูควรทำข้อตกลงและอธิบายวิธีการทำกิจกรรมก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมทุกครั้ง

จากการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนขั้นสำรวจและค้นหา ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ จากตารางที่ 21 พบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจขั้นตอนในการทำกิจกรรม และการจัดวางอุปกรณ์การทดลองไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับแบบบันทึกหลังสอนของครู ดังนี้

“นักเรียนบางกลุ่ม ไม่สามารถวิเคราะห์ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจวิธีการสังเกตภาพที่เกิดขึ้น จึงไม่สามารถปักเข็มหมุดเพื่อแสดงตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้นได้”

(บันทึกหลังสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

นอกจากนี้พบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องเลนส์นูน พบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเปลี่ยนแผ่นช่องแสงจาก 1 ช่อง เป็น 5 ช่อง

ได้ เนื่องจากครูไม่ได้อธิบายไว้อย่างละเอียดเกี่ยวกับวิธีการเปลี่ยนแผ่นช่องแสง ซึ่งสอดคล้องกับแบบบันทึกหลังสอนของครู ดังนี้

“นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถทำการทดลองได้ทันตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบวิธีการเปลี่ยนช่องกันแสงของชุดทดลองแสง”

(บันทึกหลังสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7, 26 กุมภาพันธ์ 2556)

ชั้นอธิบาย (Explanation)

1. ครูควรให้นักเรียนได้นำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า หลังการทำกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา ครูผู้สอนตัวแทนกลุ่มออกมาแนะนำเสนอผลที่ได้จากการทำกิจกรรมทุกครั้ง โดยให้นักเรียนนำเสนอผลที่ได้ค้นพบจากการทำกิจกรรม สรุปและอภิปรายผลที่ได้ค้นพบ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม

2. ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในห้อง เพื่อสรุปแนวคิดจากการทำกิจกรรมนั้นๆ

หลังจากตัวแทนกลุ่มออกมาแนะนำเสนอผลการทำกิจกรรมแล้ว ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ แสดงความคิดเห็น และซักถามเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน หากนักเรียนไม่ซักถามหรือแสดงความคิดเห็น ครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับแนวคิดนั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับแบบบันทึกหลังสอนของครู ดังนี้

“หลังจากครูใช้คำถามเพิ่มเติม นักเรียนเริ่มมีการแสดงความคิดเห็น และเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในห้อง”

(บันทึกหลังสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 13 กุมภาพันธ์ 2556)

ขยายความรู้ (Expansion/Elaboration)

1. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือนำแนวคิดที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ในการขยายความรู้ของนักเรียนให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพราะจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“สงสัยมานานแล้วละ ว่าทำไมสติ๊กเกอร์หน้ารถพยาบาลถึงติดกลับด้าน เพิ่งมารู้วันนี้ว่าที่ติดกลับด้านเพื่อให้คนบนรถ เมื่อมองจากกระจก จะได้อ่านคำนี้ได้”

(NO.28: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

“เพิ่งรู้ว่า กระจกที่หมอฟันเอามาใช้ส่องฟันเวลาทำฟันนั้นเป็นกระจกเว้า ตอนแรกนึกว่าเป็นกระจกเงาธรรมดา”

(NO.24: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 6 กุมภาพันธ์ 2556)

“จากการเรียนวันนี้ ทำให้รู้ว่าจริงๆ แล้วกระจกนูนและกระจกเว้ามีใช้อยู่รอบๆ ตัวมากมาย ตอนแรกนึกว่ากระจกโค้งนั้นจะใช้ทำกระจกที่อยู่ตามสี่แยกอย่างเดียวเท่านั้น”

(NO.47: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 6 กุมภาพันธ์ 2556)

2. ครูควรใช้สถานการณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้ให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์อย่างหลากหลาย และสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรเป็นสถานการณ์ที่ไม่ยากจนเกินไป และมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกระจกเงาราบ จากตารางที่ 21 พบว่า กิจกรรมที่ 8 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ ช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมไปใช้อธิบายสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินของนักเรียน และบันทึกหลังสอนของครู ดังตัวอย่างต่อไปนี้

“ขอบที่ได้ฝึกเขียนภาพจากกระจก และทำให้รู้ว่าจริงๆ แล้วข้อความหน้ารถพยาบาลจะสามารถอ่านได้ถูกต้อง เมื่อมองจากกระจกในรถยนต์ เหมือนกับที่ได้ฝึกเขียนภาพจากตัวอักษรที่ครูกำหนดให้”

(NO.15: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

“กิจกรรมที่ 8 เรื่องภาพจากกระจกเงาราบ ช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดไปใช้ในการอธิบายข้อความหน้ารถพยาบาลได้”

(บันทึกหลังสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

ขั้นประเมินผล (Evaluation)

1. ครูควรประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างอิสระ โดยอาจใช้คำถาม หรืออนุทินบันทึกการเรียนรู้

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูมีการใช้วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถาม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน การประเมินผลจากชิ้นงานของนักเรียน รวมไปถึงการเขียนอนุทินบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ ดังตัวอย่างการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยครูประเมินความสามารถในการอธิบายเรื่องการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ จากคำถามในใบกิจกรรมที่ 7 เรื่องการหาตำแหน่งภาพจากกระจกเงาราบ ใบกิจกรรมที่ 8 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ และใบกิจกรรมที่ 9 เรื่องการใช้ประโยชน์จากกระจกเงาราบ นอกจากนี้ ครูตรวจสอบแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ จากการตอบคำถาม การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน และการเขียนอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

สำหรับอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น ถือเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียน รวมไปถึงความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ และสิ่งที่สงสัยหรือไม่เข้าใจ ทำให้ครูสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้ ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ต่อไปนี้

“กลุ่มหนูได้อุปกรณ์ไม่ค่อยดี สายไฟที่ต่อกับหม้อแปลงหลวม ทำให้กล่องแสงติดๆ ดับๆ กลุ่มหนูจึงทำการทดลองไม่ทัน”

(NO.46: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 30 มกราคม 2556)

“อยากให้ครูสอนแบบมีการทำการทดลองบ่อยๆ ชอบที่ได้ทดลองกะ สนุกดี ไม่น่าเบื่อ ทำให้เรียนรู้เรื่องมากขึ้นด้วย”

(NO.35: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 29 มกราคม 2556)

“วันนี้เรียนสนุกมาก ลื่นมากๆ กับการหย่อนเหรียญลงแก้ว อดส้าห์ออกแบบไว้เป็น อย่างดี แต่สุดท้ายก็ไม่ลงกะ หนูอยากเรียนแบบสนุกๆ มีกิจกรรมให้ทำอย่างนี้ทุกคาบเลยละ”

(NO.29: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2556)

“ยังไม่ค่อยเข้าใจเกี่ยวกับพารัลแลกซ์ที่ครูอธิบาย สงสัยว่าพารัลแลกซ์ เกิดเมื่อเราเปลี่ยน ตำแหน่งในการมองวัตถุ ทำให้เห็นวัตถุเปลี่ยนตำแหน่งไป แล้วเราจะเอาไปบอกระยะห่างของดาว ฤกษ์ได้อย่างไร ยังนึกภาพไม่ออกละ”

(NO.26: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2556)

ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension)

1. ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิด ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูมีการ นำสถานการณ์ต่างๆ ที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาเชื่อมโยงกับแนวคิดที่นักเรียนได้ เรียนรู้อย่างหลากหลาย เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวกับ ข้อความที่ติดอยู่ที่หน้ารถพยาบาล เพื่อเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับภาพจากกระจกเงาราบ นอกจากนี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ครูใช้สถานการณ์เกี่ยวกับกระจกมองหลังรถยนต์ และ กระจกที่ทันตแพทย์ใช้ส่องดูฟัน เพื่อเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับภาพจากกระจกโค้ง

2. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ ประโยชน์อย่างอิสระ

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ และอัตราเร็วของแสง จากตารางที่ 19 ครูให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิดเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากแสงในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างอิสระ โดยบันทึกในอนุทินในหัวข้อการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ประโยชน์ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังตัวอย่างจากอนุทินของนักเรียนต่อไปนี้

“จากการเรียนวันนี้ ทำให้รู้ว่าจริงๆ แล้วกระจกนูนและกระจกเว้ามีใช้อยู่รอบๆ ตัวมากมาย ตอนแรกนึกว่ากระจกโค้งนั้นจะใช้ทำกระจกที่อยู่ตามสี่แยกอย่างเดียวเท่านั้น”

(NO.47: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 6 กุมภาพันธ์ 2556)

“หลักการหักเหของแสง สามารถนำไปอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เราเห็นมีน้ำบนถนนเวลากลางวัน ที่เรียกว่า ภาพมิราจได้”

(NO.8: อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 13 กุมภาพันธ์ 2556)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนได้ โดยจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ทุกแนวคิด โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ภาพที่เกิดจากกระจกเว้า นิยามความลึกจริง-ความลึกปรากฏ และลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า แต่พบว่ามีเพียงแนวคิดเดียวเท่านั้นที่นักเรียนไม่สามารถพัฒนาแนวคิดเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ได้ คือ แนวคิดเรื่องการสะท้อนกลับหมด นอกจากนี้พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และไม่เข้าใจแนวคิด (NU) มีจำนวนลดลง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง มุมวิกฤต และการสะท้อนกลับหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิร (2549) และวิชัย มะธิพิไชย (2549) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Salierno, Edelson, and Sherin (2005), Valanides and Angeli (2008), Afra, Osta and Zoubair

(2009) และ Keawkhong (2010) ที่พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีการตรวจสอบความรู้เดิม (Prior Knowledge) ของนักเรียน ซึ่งความรู้เดิม ของนักเรียนถือเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ (Hewson and Hewson, 1983; Eisenkraft, 2003) ทำให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้เพื่อปรับแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์ได้ (Eberle and Keeley, 2008) นอกจากนี้ยังช่วยเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ทำ ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถพัฒนาแนวคิดไปเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Tobin et al., 1994; Bell, 2005) และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมผ่าน การทำกิจกรรมการทดลอง จะช่วยให้นักเรียนค้นพบความรู้และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง และทำ ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ (Hewson, 1992) ในขณะเดียวกันนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม เป็นกลุ่ม และครูเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันภายในชั้นเรียน นักเรียนจึงเกิดการ เรียนรู้ได้มากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของกลุ่มสร้างสรรค์นิยมเชิงสังคม (Social Constructivism) (Georghiades, 2000) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น

แต่จากการศึกษาพบว่า นักเรียนบางส่วนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) มากในเรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง การสะท้อนกลับหมด ภาพที่เกิดจากเลนส์บาง แม้จะ ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มาแล้วก็ตาม ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของคำไพ พานูลี และวิมล สำราญวานิช (2553) และ Keawkhong (2010) ที่พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วย กระบวนการสืบเสาะหาความรู้พบว่า นักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง และภาพที่ เกิดจากเลนส์บาง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับภาพจริงและ ภาพเสมือน สอดคล้องงานวิจัยของวัชระ พริกขาลา (2545) ที่พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียน ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพจริงและภาพที่เกิดจากกระจกเว้า จะเป็นภาพเสมือนเสมอ ซึ่งแนวคิดคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเนื่องมาจาก ครูขาดการเน้นย้ำให้ นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของภาพจริงและภาพเสมือน จึงทำให้นักเรียนเกิดแนวคิด คลาดเคลื่อนขึ้น ดังนั้น ครูควรจัดการเรียนรู้เพื่ออธิบายเกี่ยวกับชนิดของภาพให้ชัดเจน

2. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในแนวคิดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เรื่องการสะท้อน กลับหมด เช่น แนวคิดเรื่องมุมวิกฤต นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า มุมวิกฤตเกิดขึ้นเมื่อแสง

จากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยผ่านเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า นอกจากนี้พบว่า นักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับนิยามของมุมวิกฤต จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องการสะท้อนกลับหมด ซึ่งเป็นแนวคิดที่ต้องอาศัยแนวคิดจากมุมวิกฤตมาเชื่อมโยง สอดคล้องกับ Westbrook and Marek (1992) ที่กล่าวว่า ในการเรียนรู้เรื่องใดๆ ถ้านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อาจส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องอื่นได้

3. กิจกรรมการทดลองที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บางกิจกรรมให้ผลการทำกิจกรรมที่สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจน อาจส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่กับแนวคิดเดิมที่มีอยู่ได้ ส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Seka et al. (2006) อ้างใน วิไลวรรณ ภัยิ (2554) ที่กล่าวเกี่ยวกับสาเหตุของแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนว่า มีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเดิมกับแนวคิดใหม่ที่ได้เรียนรู้ได้ ทำให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนขึ้น

ตอนที่ 2 การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนได้ โดยนักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงทั้งการถ่ายโอนอย่างใกล้และการถ่ายโอนอย่างไกลได้ทุกแนวคิด แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดแบบไม่สมบูรณ์ ยกเว้นในแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ทั้งการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้และการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล และแนวคิดเรื่องการสะท้อนของแสง ในการถ่ายโอนอย่างใกล้ ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้สมบูรณ์ โดยในสถานการณ์การถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ที่ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเคลื่อนที่ของแสงจากเลเซอร์ และในสถานการณ์การถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการสะท้อนของแสง ที่ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระจก ซึ่งทั้งสองสถานการณ์เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ สอดคล้องกับทฤษฎีองค์ประกอบเหมือน (Identical-Elements Theory) ของ Thorndike อ้างใน สุรางค์ โค้วตระกูล (2550) ที่กล่าวว่า การสอนความรู้และทักษะในโรงเรียนที่เหมือนกับสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันนอกโรงเรียนจะทำให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้ และจากการศึกษาพบว่า ในแนวคิดเรื่อง เลนส์บาง จากสถานการณ์ “ภาพจากเลนส์บาง” สำหรับการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล พบว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่สามารถถ่ายโอนแนวคิดอย่างสมบูรณ์ได้ และเมื่อเปรียบเทียบ

ความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกล พบว่านักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnson and Rutherford (2010) ที่พบว่า นักเรียนโดยส่วนใหญ่จะสามารถประยุกต์ความรู้ได้เฉพาะในบริบทที่คุ้นเคยเท่านั้น

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนได้ เนื่องจาก

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เน้นการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และการนำความรู้ไปใช้ โดยการตรวจสอบความรู้เดิมจะช่วยให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ และเกิดการถ่ายโอนแนวคิดที่มีอยู่ (Eisenkraft, 2003) ส่วนการให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่หลากหลายในขั้นนำความรู้ไปใช้ จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะในการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย และสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Thomas et al. (1992) และ Sternberg and Williams (2002) ที่กล่าวเกี่ยวกับการสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิดว่า การสอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนแนวคิดไปยังสถานการณ์อื่นได้ จะต้องสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่เป็นไปได้จริง มีความน่าเชื่อถือ และหลากหลาย

2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแสง ครูใช้สถานการณ์ที่หลากหลาย และเป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งเป้าหมายของการถ่ายโอนแนวคิด คือ นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นๆ รวมไปถึงนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน และสอดคล้องกับ สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2550) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะเกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้ ครูต้องสอนหลักการ วิธีดำเนินการ ทักษะ และวิธีการแก้ปัญหา ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ และควรจัดสภาพการณ์ในโรงเรียนให้คล้ายคลึงกับชีวิตจริงที่นักเรียนจะไปประสบนอกโรงเรียน

3. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่ม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เนื่องจากในการปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนแต่ละคนจะมีวิธีการที่แตกต่างกัน ขึ้นกับความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน การให้นักเรียนได้มีโอกาสปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสามารถถ่ายโอนแนวคิดที่ซับซ้อนได้ดีกว่าการเรียนรู้เป็นรายบุคคล (David, 1992)

สำหรับสาเหตุที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดอย่างสมบูรณ์ หรือไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้นั้น อาจมาจากหลายสาเหตุ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดในเรื่องนั้นๆ เป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) ทำให้ไม่สามารถนำแนวคิดนั้นๆ ถ่ายโอนไปใช้ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องการหักเหของแสง ในสถานการณ์ “นกกมองปลา ปลา มองนก” เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับความลึกจริง ความลึกปรากฏ อยู่ก่อนแล้ว จึงไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับ Daniel, Varma and Martin (2008) ที่กล่าวว่า ถ้านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องแล้ว จะสามารถพัฒนาแนวคิดไปใช้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกันได้

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครู อาจเน้นไปที่แนวคิดที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้มากเกินไป จนทำให้นักเรียนไม่ได้รับการฝึกฝนการถ่ายโอนแนวคิด เช่น ในแนวคิดเรื่องเลนส์บาง ครูจะเน้นไปที่การฝึกเขียนรังสีของแสงที่ผ่านเลนส์ และลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น จนทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกเกี่ยวกับการหาความยาวโฟกัสของเลนส์บาง เมื่อนักเรียนพบสถานการณ์จากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิด ในสถานการณ์ “สายตาสั้น สายตาวาย” ทำให้นักเรียนไม่สามารถคำนวณหาค่าความยาวโฟกัสของเลนส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหายายตาดังกล่าวได้ สอดคล้องกับ Sarah and Doyle (2006) ที่กล่าวว่า ในการพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดนั้น ควรพัฒนาทั้งความเข้าใจแนวคิดควบคู่ไปกับการฝึกฝนการถ่ายโอนแนวคิดให้เหมาะสมกัน การเน้นในเรื่องความเข้าใจแนวคิดมากจนเกินไป จะส่งผลให้การถ่ายโอนแนวคิดไม่ประสบผลสำเร็จ

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

จากผลการศึกษา แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน มีรายละเอียดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดเน้นที่สำคัญในแต่ละขั้น ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เป็นขั้นที่ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้ทราบพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน จะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้ถูกต้อง ในขั้นนี้ ผู้วิจัยใช้กิจกรรมที่หลากหลายในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เช่น กิจกรรมกระดาดแผ่นเล็ก การใช้บัตรคำถามที่เป็นข้อคำถามปลายเปิด รวมไปถึงการใช้คำถามง่ายๆ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานที่จำเป็นออกมา นอกจากนี้ การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนยังสามารถใช้สถานการณ์ตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันก็ได้ (ณัฐมน เชนมา, 2555) สอดคล้องกับ Gagne (1977), Hewson and Hewson (1983) และ Eisenkraft (2003) ที่กล่าวว่า การตรวจสอบความรู้เดิมจะช่วยให้ นักเรียนและครูทราบถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่นักเรียนมีในเรื่องนั้นๆ และจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ได้รวดเร็วขึ้น และช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้เพื่อปรับแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ก่อนการเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ (Eberle and Keeley, 2008) ในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมาอย่างอิสระ และคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนควรมีความหลากหลาย อาจเป็นคำถามที่ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ หรือการวาดภาพเพื่ออธิบายแนวคิด นอกจากนี้ ครูควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้แนวคิดในเรื่องนั้นด้วย เพื่อจะได้ทราบว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมเพียงพอต่อการเรียนรู้แนวคิดใหม่หรือไม่ และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนขึ้น หากครูพบว่านักเรียนยังไม่มีความรู้พื้นฐานใด ครูควรอธิบายให้นักเรียนมีแนวคิดพื้นฐานเรื่องนั้นๆ ก่อน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยนำเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยของนักเรียน หรืออาจเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ในขั้นนี้ ผู้วิจัยมีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยการยกสถานการณ์ต่างๆ และท้าทายให้นักเรียนคิดเพื่อแก้ปัญหา เช่น กิจกรรมเหรียญล่องหน ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการสร้างความสนใจแก่นักเรียน ในเรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏ โดยกิจกรรมที่นำมาใช้เพื่อสร้างความสนใจให้นักเรียนควรเป็นกิจกรรมที่สามารถดึงความสนใจของนักเรียนได้ดี มีความแปลกใหม่ น่าตื่นเต้น เข้าใจง่าย และไม่ซับซ้อน และควรเป็นสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน และครูอาจใช้ชุดคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย เพื่อนำไปสู่ความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น นอกจากนี้ ผู้วิจัยมีการนำวิดีโอมาใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และพบว่า นักเรียนให้ความสนใจในวิดีโอที่นำมาใช้เป็นอย่างดี เนื่องจากภาพในวิดีโอ

เป็นภาพเคลื่อนไหว มีสีสันสวยงาม ทำให้นักเรียนชอบ และสนุกสนาน ไม่น่าเบื่อ (จินตนา แก้วคุณ , 2550) หรือครูอาจนำสื่อของจริงที่นักเรียนคุ้นเคยมาใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนก็ได้ เช่น ผู้วิจัยนำช้อน ทักพี และกระทะ มาใช้ในการสร้างความสนใจแก่นักเรียนในเรื่อง กระเจ๊กโค้ง การนำดินสอจุ่มลงในแก้วน้ำ เพื่อสร้างความสนใจของนักเรียนในเรื่อง การหักเหของแสง เป็นต้น

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบ และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจตรวจสอบทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป ในขั้นนี้ ผู้วิจัยนำกิจกรรมการทดลองมาใช้ เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองจากปฏิบัติกิจกรรม กิจกรรมที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนรู้ เช่น กิจกรรมเรื่อง แสงเคลื่อนที่อย่างไร เพื่อให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของแสง กิจกรรมเรื่องคุณสมบัติของกระเจ๊กโค้ง เพื่อให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน และผิวสะท้อนโค้งเว้า เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมที่ควรนำมาใช้ในขั้นนี้ ควรเป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนในการศึกษาไม่ซับซ้อน และให้ผลการสังเกตที่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน หากกิจกรรมที่นำมาใช้นั้นไม่สามารถสังเกตผลได้ชัด จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการสร้างแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังเช่นที่ผู้วิจัยพบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องการหักเหของแสง กิจกรรมเรื่องการหักเหของแสง นักเรียนไม่สามารถทำวัดมุมตกกระทบและมุมหักเหได้ เนื่องจากสังเกตรังสีของแสงได้ไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนเกิดการสร้างแนวคิดเกี่ยวกับกฎการหักเหคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ในการทำกิจกรรมครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบความรู้ เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อลงข้อสรุป และสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Barman, 1989) โดยครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น (Clark and Starr, 1976) เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและเกิดการเรียนรู้ที่คงทน (ณัฐมน เดชมา, 2555) การให้นักเรียนได้เรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองจะช่วยให้เด็กเกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้นด้วย (Martin et al., 1994) และก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ครูควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ในการทดลองและอธิบายวิธีการทำกิจกรรมก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมทุกครั้ง เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในการทดลอง ซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน

4. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ ในขั้น

นี้ ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ค้นพบจากการทำกิจกรรม โดยผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มเลือกตัวแทนกลุ่ม 3 - 4 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องของเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันก่อน แล้วจึงใช้คำถามชี้แนะให้นักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉันทมน เดชมา (2555) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้หน้าชั้นเรียน และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่นซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ได้มากขึ้น (Georghiades, 2000)

5. ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ในขั้นนี้ ผู้วิจัยนำสถานการณ์ต่างๆ ที่หลากหลาย แต่เป็นสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มาแล้วมาให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนเกิดความชำนาญ และสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกเขียนภาพของตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เกิดจากกระจกเงาราบ แล้วจึงเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ดังกล่าว กับสถานการณ์ข้อความที่ติดอยู่หน้ารถพยาบาล เป็นต้น โดยสถานการณ์ที่ควรนำมาใช้เพื่อให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่หลากหลายควรเป็นสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อน และสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนแนวคิดได้ง่าย (Thomas et al., 1992; Sternberg and Williams, 2002) และสอดคล้องกับ Slavin (1994) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะสามารถถ่ายโอนสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนไปใช้ในชีวิตจริง นักเรียนจะต้องมีการขยายความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วเชื่อมโยงไปใช้ในการแก้ปัญหา นั้น นอกจากนี้ ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น (Hewson, 1992)

6. ประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ในขั้นนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างหลากหลาย และประเมินตามสภาพจริง เช่น การตอบคำถาม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน การประเมินผลจากชิ้นงานของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยใช้เทคนิคบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ ความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ และข้อสงสัยของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ ทำให้ครูสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้ โดยเมื่อประเมินผลการเรียนรู้แล้วพบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

หรือนักเรียนมีข้อสงสัยที่เกิดจากการเรียนรู้ ครูควรแก้ปัญหาดังกล่าวในทันที เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนรู้แนวคิดต่อไปของนักเรียน (Daniel, Varma and Martin, 2008) ดังเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ จากการสะท้อนผลการเรียนรู้จากอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับ พารัลแลกซ์ เมื่อผู้วิจัยพบปัญหานักเรียนดังกล่าว ก่อนการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 4 ผู้วิจัยจึงใช้คำถามชักชวนให้เพิ่มเติมเกี่ยวกับพารัลแลกซ์ เพื่อให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวก่อน แล้วจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนที่ 4 ต่อไป

7. ขั้่นนำความรู้ไปใช้ (Extension) เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ ในขั้นนี้ ผู้วิจัยมีการนำเสนอสถานการณ์ต่างๆ ที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาเชื่อมโยงกับแนวคิดที่นักเรียนได้เรียนรู้อย่างหลากหลาย เช่น ผู้วิจัยเชื่อมโยงหลักการหักเหของแสงกับปรากฏการณ์มิราจ หลักการสะท้อนกลับหมดกับเส้นใยนำแสง เพื่อให้ นักเรียนเห็นว่า สิ่งที่ได้เรียนรู้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์รอบๆ ตัวได้ โดยในขั้นนี้ครูควรจัดประสบการณ์ให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่หลากหลายแตกต่างออกไปจากที่ได้เรียนรู้ และควรเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เนื่องจากการเรียนรู้จะเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย เมื่อจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน (Eisenkraft, 2003) และควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการถ่ายโอน ทั้งการถ่ายโอนอย่างใกล้และอย่างไกล

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปสาระสำคัญของการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกิดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ได้หรือไม่ อย่างไร
3. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ควรมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ อย่างไร เพื่อช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและเกิดการถ่ายโอนแนวคิดในเรื่องแสง

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาลสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์

เพิ่มเติม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 50 คน ประกอบด้วย นักเรียนชาย 22 คน นักเรียนหญิง 28 คน โดยความสามารถ ซึ่งเป็นนักเรียนในห้องที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ทำการสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิด

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิดในงานวิจัยนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง ครอบคลุมแนวคิดหลักทั้งหมด 4 แนวคิด ได้แก่ การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และเลนส์บาง จำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 20 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ดังแสดงในภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ ได้แก่ 1) แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง ดังแสดงในภาคผนวก ง 2) แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ดังแสดงในภาคผนวก จ 3) ชิ้นงานนักเรียน ได้แก่ ใบงาน ใบกิจกรรม 4) อนุทินของนักเรียน 5) บันทึกหลังสอนของครู และ 6) วิดีทัศน์บันทึกการสอน

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน และขณะจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนทำชิ้นงาน และบันทึกอนุทินหลังการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นรายข้อ แล้วจัดกลุ่มคำตอบออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994)

ได้แก่ แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific Misconception: SM) และไม่เข้าใจแนวคิด (No Understanding: NU) จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนในแต่ละกลุ่มมาหาค่าความถี่ และคำนวณค่าร้อยละของความถี่ นำชิ้นงานของนักเรียนมาตรวจคำตอบ และจัดกลุ่มคำตอบตามแนวคิดของนักเรียน นำอนุทินของนักเรียนมาวิเคราะห์เนื้อหา ตามแนวทางของสุรางค์ จันทวานิช (2555) จากนั้นจำแนกกลุ่มของข้อมูลที่ได้ตามแนวคิดของนักเรียน นำข้อมูลที่ได้จากชิ้นงาน และอนุทินของนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสง

การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นรายข้อ แล้วจัดกลุ่มคำตอบออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994) จากนั้นจับคู่ข้อคำถามจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงแต่ละข้อกับข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงในข้อคำถามที่ใช้แนวคิดเดียวกันในการแก้ปัญหา กำหนดค่าคะแนนให้กับแต่ละกลุ่มแนวคิด ได้แก่ กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) กำหนดค่าคะแนนเป็น 4 กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) กำหนดค่าคะแนนเป็น 3 กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) กำหนดค่าคะแนนเป็น 2 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) กำหนดค่าคะแนนเป็น 1 และกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด (NU) กำหนดค่าคะแนนเป็น 0 จากนั้นนำค่าคะแนนจากแบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงและแบบวัดแนวคิดเรื่องแสงข้อที่ถูกจับคู่ไว้มาหาค่าคะแนนการถ่ายโอนแนวคิด ตามเกณฑ์การให้คะแนนการถ่ายโอนแนวคิดในตารางที่ 6 และจัดกลุ่มความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด ได้แก่ กลุ่มที่มีคะแนนถ่ายโอนแนวคิดเท่ากับ 9 - 16 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดสมบูรณ์ (CT) กลุ่มที่มีคะแนนถ่ายโอนแนวคิดเท่ากับ 4 - 8 เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดไม่สมบูรณ์ (PT) และกลุ่มที่มีคะแนนถ่ายโอนแนวคิดเท่ากับ 0 เป็นกลุ่มที่ไม่มีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด (NT)

แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เหมาะสมในการช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์และการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง จากบันทึกหลังสอนของครู อนุทินของนักเรียน และวิดีโอที่บันทึกการสอน

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เหมาะสมในการช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์และการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงโดยวิเคราะห์เนื้อหาจากบันทึกหลังสอนของครู อนุทินของนักเรียน และวิดีโอที่บันทึกการสอน สรุปจุดเด่น จุดด้อย ปัญหาสำคัญที่พบ แนวทางการแก้ไขปัญหา และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ในแต่ละแผน นำข้อสรุปที่ได้จากแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มาสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ โดยหลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ทุกแนวคิด ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และไม่พบนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ในเรื่องกฎการสะท้อนของแสง ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง กฎการหักเหของแสง มุมวิกฤต การสะท้อนกลับหมด ความลึกจริง ความลึกปรากฏ ลักษณะของเลนส์บาง และภาพที่เกิดจากเลนส์บาง เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาแนวคิดเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกแนวคิด โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ภาพที่เกิดจากกระจกเว้า นิยามความลึกจริง ความลึกปรากฏ และลักษณะของเลนส์นูนและเลนส์เว้า แต่พบว่า มีเพียงแนวคิดเดียวเท่านั้นที่นักเรียนไม่สามารถพัฒนา

แนวคิดเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ได้ คือ แนวคิดเรื่องการสะท้อนกลับหมด นอกจากนี้พบว่าจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และไม่เข้าใจแนวคิด (NU) มีจำนวนลดลง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง มุมวิกฤต และการสะท้อนกลับหมด

การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง ของนักเรียนได้ โดยหลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงได้ทุกแนวคิดทั้งการถ่ายโอนอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนอย่างไกล แต่เป็นการถ่ายโอนแนวคิดแบบไม่สมบูรณ์ (PT) ยกเว้นในแนวคิดเรื่อง การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง ทั้งการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดและการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกลที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แบบสมบูรณ์ และนักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดอย่างใกล้ชิดได้ดีกว่าการถ่ายโอนแนวคิดอย่างไกลในทุกแนวคิด โดยแนวคิดที่นักเรียนสามารถถ่ายโอนแนวคิดได้แบบสมบูรณ์ (CT) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง และแนวคิดเรื่องการสะท้อนของแสง ส่วนแนวคิดที่นักเรียนไม่สามารถถ่ายโอนแนวคิดได้ (NT) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องเลนส์บาง

แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องแสง เพื่อพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน สามารถสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น ได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) ครูควรใช้กิจกรรมที่หลากหลายในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ได้แก่ การใช้แบบทดสอบ และการใช้คำถาม คำถามที่นำมาใช้ควรเป็นคำถามปลายเปิด ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมาอย่างอิสระ และคำถามที่ใช้ควรเป็นคำถามง่ายๆ ที่นักเรียนคุ้นเคยกับชีวิตประจำวัน และครูควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ ด้วย

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยใช้เรื่องที่น่าสนใจ แปลกใหม่ น่าตื่นเต้น หรือท้าทายความคิดของนักเรียนให้เกิดความสงสัย โดยครูอาจใช้คำถามเพื่อชักชวนให้สงสัยให้เกิดความสงสัย ใช้สื่อของจริงประกอบ หรือใช้วัตถุเพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียนร่วมด้วยก็ได้ แต่ควรเป็นกิจกรรมที่นักเรียนเข้าใจได้ง่ายและไม่ซับซ้อน

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาด้วยตนเอง โดยใช้กิจกรรมการทดลอง หรือกิจกรรมอื่นๆ ที่ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อนำนักเรียนไปสู่การสำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล และสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยในขั้นนี้ ครูควรเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนเท่านั้น กิจกรรมที่ควรนำมาใช้ในขั้นนี้ ควรเป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนในการศึกษาไม่ซับซ้อน และให้ผลการสังเกตที่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน และครูควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ในการทดลองและอธิบายวิธีการทำกิจกรรมก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมทุกครั้ง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลอง รูปภาพ ตาราง และกราฟ ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ค้นพบจากการทำกิจกรรม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน จากนั้นครูจึงใช้คำถามชี้แนะให้นักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดสำคัญ

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่มีความหลากหลาย นอกจากนี้ ครูควรชี้แนะให้นักเรียนนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ครูควรใช้วิธีการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างหลากหลาย และประเมินตามสภาพจริงให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติ เช่น การตอบคำถาม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน การประเมินผลจากชิ้นงานของนักเรียน การใช้แผนผังความคิด การใช้เกม และการเขียนอนุทินเพื่อสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

7. **ชั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension)** ครูควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การนำเสนอเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน การจับบทบาทสมมติ เป็นต้น และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้หน้าชั้นเรียนด้วย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ ครูควรทำการทดลองด้วยตนเองก่อนล่วงหน้า สำหรับกิจกรรมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อจะได้ทราบปัญหาและข้อจำกัดที่จะเกิดขึ้น และสามารถหาแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ก่อนการจัดการเรียนรู้
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เวลามาก ครูผู้สอนควรเตรียมตัวล่วงหน้าในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นความพร้อมของครูผู้สอน ความพร้อมของนักเรียน และสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแนวคิดที่เป็นนามธรรม เช่น การสะท้อนและการหักเหของแสง ที่ต้องมีการเขียนรังสีของแสง ซึ่งเป็นสิ่งที่สมมติขึ้น ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ชัดเจน ครูควรจัดหาสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น เช่น แบบจำลองคอมพิวเตอร์ วิดีทัศน์ หรือภาพเคลื่อนไหว มาประกอบการจัดกิจกรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนเรียนรู้สิ่งที่ป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น
4. การนำอนุทินมาใช้ในการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียน ครูควรชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการบันทึกอนุทิน และชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการเขียนบันทึกในอนุทิน เพื่อให้ นักเรียนสามารถบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ และความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนรู้ได้ตรงกับตามสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องแสง ในงานวิจัยนี้ ใช้แบบวัดแนวคิดแบบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two tier diagnostic concept test) แบบปรนัยพร้อมเลือกเหตุผล ทำให้นักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดเรื่องแสงได้อย่างอิสระ ดังนั้น ในทำการวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาแบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงแนวคิดได้อย่างอิสระ

2. งานวิจัยนี้ศึกษาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ในการทำการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดของนักเรียน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คำไพฑ พานสี และ วิมล สำราญวานิช. 2553. “มโนคติทางเลือก เรื่องแสงและการเกิดภาพของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธีการทำนาย – การสังเกต – การอธิบาย.” การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11: 1368–1379.

โหมะจิต จตุรัสวัฒนากุล. 2543. ผลของการเรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสอนเป็นกลุ่มที่ ช่วยเหลือเป็นรายบุคคลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการถ่ายโยง การเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีระดับความสามารถ ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษา, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

จันทร์จิรา ภูมิศิลปธรรม. 2551. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปิโตเลียมและพอลิเมอร์ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาศึกษาศาสตร์-การสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินดารัตน์ แก้วพิกุล. 2554. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถด้านการ คิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การเปลี่ยนแปลงแนวความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จินตนา แก้วคุณ. 2550. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียน
วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 จากการเรียนด้วยบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับ การสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
วิจัยและการประเมินผลการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

จิราภรณ์ หนูสวัสดิ์. 2554. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการผ่านเว็บตามแนว
ทฤษฎีการขยายความคิดเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการ
แก้ปัญหา และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปรัชญา
ดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ.

ชรินดา สุขแสนชนานันท์, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, และ อภิชาติ พัฒนโกรัตน์. 2555. “การ
พัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่อง พลังงานความร้อน ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบท.” ราชภัฏเพชรบุรีวิจัย
เพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 2: 128–135.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552. “วิธีหาแนวคิดของผู้เรียน เครื่องมือสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในยุคปฏิรูป
การศึกษา”. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 24(2): 1-10.

ณราภรณ์ บุญกิจ. 2553. ตัวแทนความคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลัง
การใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐมน เดชมา. 2555. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารและสมบัติของสารและเจตคติ
ต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้
7 ขั้นตอน (7E) ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐรัตน์ ลิ้มนิจโพธิ์ขำกุล. 2550. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ที่ได้รับการสอนโดยจัดกิจกรรมการสอนแบบร่วมมือ (STAD) กับวิธีสอนแบบปกติ. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวิจัยการศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นัฐกานต์ ดวงพร. 2549. การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์: งาน พลังงาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เนตรนพิชญ์ จำปาทองเทศ. 2546. “ความคิดรวบยอด: สอนอย่างไร.” วารสารวิชาการ 5 (พฤษภาคม): 33–43.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2542. เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาการศึกษาสาส์ตร คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประดับ ต้นตะวาโย. 2554. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. การค้นคว้าอิสระครูสาส์ตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์. 2553. การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องการรับรู้และตอบสนอง โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบ SEs. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประยูทธ คงอินทร์. 2538. การศึกษาแนวคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์: อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ปริญญนันท์ นิลสุข. 2544. ผลของการเชื่อมโยงและรูปแบบเว็บเพจในการเรียนการสอนด้วยเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การแก้ปัญหา และการถ้อยแถลงการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีกระบวนการเรียนรู้ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี อ่อนศรี. 2552. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นฐานของนักเรียนพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปริญญดา สัตตัตตณขจร. 2549. การศึกษาแนวคิดของนักเรียนและการสอนของครูเรื่องห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น: กรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. 2542. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

พรพันธุ์ บุ่งนาแซง. 2550. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้พหุปัญญากับการสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์: การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น และการคิดวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พิคนตร อุทัยไชย. 2554. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุลด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2550. “วิธีการสอนแบบสืบสอบและวิธีการสอนแบบโครงงาน: ความเหมือนที่แตกต่าง.” วารสารหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น 1 (กรกฎาคม-ธันวาคม): 14-26.

ภพ เลหาไพบุลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. 2540. **การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2546. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542**. กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คพับลิเคชันส์ จำกัด.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540. **Constructivism**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชร พริกขลาด. 2545. **ความเข้าใจโนมติกของนักเรียนที่ใช้หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนโนมติกที่ตลาดเคลื่อนเรื่องแสง**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิชัย มะธิปไ. 2549. **การเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเกี่ยวกับโนมติกฟิสิกส์: อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณคงเฝ้า. 2548. **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีขยายความคิดของเรเกลธูทเพื่อส่งเสริมความแม่นยำด้านเนื้อหาความรู้ ความชำนาญในการปฏิบัติงานและความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไลวรรณ ภัยวี. 2554. **การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรณนิยม**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ส. วาสนา ประมวลพจนานุกรม. 2538. **นักวางแผนวิจัยปฏิบัติการ**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์พัฒนาหนังสือกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. แปลจาก Kemmis, S. and R. McTaggart. (eds.). 1988. **The Action Research Planner**. Australia: Deakin University.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. 2546. **การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. 2550. **การอบรมครูด้วยระบบทางไกลสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**. กรุงเทพมหานคร: องค์การค่าครูสภา.
- _____. 2554. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สุชาติ วัฒนชัย. 2553. **การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาและถ่ายโยงการเรียนรู้**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุนิตย์ ขอนลัก. 2551. **การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องเสียง โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle 5Es)**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรการสอน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2550. **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. 2545. **21 วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด**. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544. รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูป
วิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา
แห่งชาติ.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

เอนกกุล กริแสง. 2522. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พินเนต.

อารี พันธุ์ณี. 2538. จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์คั่นอ้อ.

Abraham, M. R., E. B. Grzybowski, J. W. Renner, and E. A. Marek. 1992. "Understandings and
Misunderstanding of English Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks." **Journal of Research in Science Teaching** 29 (2): 105-120.

_____, V. M. Williamson, and S. L. Westbrook. 1994. "A Cross-Age Study of the
Understanding of Five Chemistry Concepts." **Journal of Research in Science teaching**
28 (2): 147-165.

Afra, N. C., I. Osta and W. Zoubair. 2009. "Students' Alternative Conceptions about Electricity
and Effect of Inquiry-Based Teaching Strategies." **International Journal of Science
and Mathematical Education** 7: 103-132.

Atwood, R. K. and V. A. Atwood. 1996. "Preservice Elementary teachers' Conceptions of the
Causes of Seasons." **Journal of Research in Science Teaching** 33 (5): 553-563.

Barman, C. R. and M. Kotar. 1989. "The Learning Cycle." **Science and Children** 26(7): 30-32.

Bell, R. L., L. Smetana, and I. Binns. 2005. "Simplifying Inquiry Instructions Assessing the
Inquiry Level of Classroom Activities." **The Science Teacher** 72(7): 30-33.

- Bigge, M. L. 1999. **Learning Theories for Teachers**. 6th ed. New York: Longman.
- Blizak, D., F. Chafiqi, and D. Kendil. 2009. **Students Misconceptions about Light in Algeria**. Education and Training in Optics and Photonics, OSA Technical Digest Series [CD Rom]. Optical Society of America, paper EMA5.
- Brickhouse, N.W., R. D. Zoubieda, W. J. Letts, and H. L. Shipman. 2000. "Diversity of Students'Views about Evidence, Theory, and The Interface between Science and Religion in anAstronomy Course." **Journal of Research in Science teaching** 37 (4): 340-362.
- Britton, S., P. New, A. Roberts, and M. Sharma. 2007. "Investigating students' ability to transfer mathematics, Transforming a University." **The scholarship of teaching and learning in practice**. Sydney: Sydney University Press.
- Clark, H. L., and Starr. 1976. **Secondary School Teaching Methods**. 3rd ed. New York: The Macmillan Publishing.
- Colburn, A. 2000. "An inquiry primer." **Science Scope** 23(6): 42-44.
- Daniel, L. S., S. Varma and L. Martin. 2008. "Dynamic Transfer and Innovation." **Handbook of Conceptual Change**. New York: Routledge.
- David, M. M. 1992. Analogical Transfer in Situated Cooperative Learning (Metacognition). **Dissertation Abstracts International**. 34 February 1997: 181-197.
- De – Cecco, J. W. 1968. **The Psychology of Learning and Instruction Education Psychology Englewood Cliffs**. New Jersey: Practice-Hall, Inc.
- Dyer, P.A. 1986. "A study of the effect of prereading mapping on comprehension and transfer of learning." **Dissertation Abstracts International** 46(March): 2641-A.

- Eberle, F and P. Keeley. 2008. "Formative assessment probes: A look at how probes uncover conceptual connections." **Science and Children** January: 50-54
- Eisenkraft, A. 2003. "Expanding the 5E Model: A Proposal 7E Model Emphasizes Transfer of Learning and the Importance of Eliciting Prior Understanding." **The Science Teacher** 70(6): 56-59.
- Esler W. K. and M. K. Esler. 1993. **Teaching Elementary Science**. 6th ed. California: Wadsworth Publishing Company.
- Galberg, F. M. and L. C. Medermoot. 1986. "An Investigation of Student Understanding of the Real Image Formed by A Converging Lens or Concave Mirror." **American Association of Physics Teachers** 55 (2): 108-119.
- Gagné, R. M. 1977. **The Condition of Learning**. 3rd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Georghiades, P. 2000. "Beyond Conceptual Change Learning in Science Education: Focusing on Transfer, Durability and Metacognition." **Educational Research** 42 (2): 119-139.
- Haider, A. H., and M. R. Abraham. 1991. "A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter." **Journal of Research in Science Teaching** 28 (10): 919-938.
- Haider, A. H. 1997. "Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related conceptions." **Journal of research in science teaching** 34 (2): 181-197.
- Hewson, G. M. and W. P. Hewson. 1983. "Effect of Instruction Using Students' Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning." **Journal of Research in Science Teaching** 20(8): 731-743.

Hewson, P. W. 1992. **Conceptual Chang in Science Teaching and Teacher Education**. Paper presented at a meeting on Research and Curriculum Development in Science Teaching, under the auspices of the National Centre for Educational Research, Documentation, and Assessment, Ministry for Education and Science, Spain.

Hilgard, E. R., R. C. Atkinson, and R. L. Atkinson. 1975. **Introduction to Psychology**. 6th ed. New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc.

Hubber, P. 2006. "Year 12 Students' Mental Model of the Nature of Light." **Research in Science Education** 36 (4): 419-439.

Hudgins, B. B. 1977. **Learning and Thinking: A Prime for Teachers**. Illinois: F.E. Peacock.

Hunter, M. C. 1995. **Teach for Transfer**. CA: Corwin Press.

Johnson, A. F. and S. Rutherford. 2010. "Transfer of Knowledge in Science Course for Elementary Education Majors." **Journal of College Science Teaching** (March-April): 80-88.

Joyce, B. and M. Weil. 1986. **Model of Teaching**. 3rd ed. New jersey: Prentice-Hall.

Karplus, R. 1977. "Science Teaching and Development of Reasoning," **Journal of Researching Science Teaching** 14 (2): 169-175.

Keawkhong, K. 2008. "Student's misunderstanding in using a ray diagram in light refraction." **Thai Journal of Physics** 3 (175): 175-176.

_____. 2010. **The Development of an Inquiry-Based Learning Unit in Light Reflection and Refraction**. Doctor of Philosophy Thesis in Science and Technology Education, Mahidol University.

Klausmeier, H. J. and R. E. Ripple. 1985. **Learning and Human Abilities: Educational Psychology**. New York: Harper & Row.

Lawson, A. E. 1995. **Science Teaching and the Development of Thinking**. California: Wadsworth Publishing.

Licht, P. 1991. "Teaching Electrical Energy, Voltage and Current: An Alternative Approach." **Physics Education** 26: 272-277.

Lumpe, A. T., and J. R. Staver. 1995. "Peer collaboration and concept development: learning about photosynthesis." **Journal of Research in Science Teaching** 32 (1):71-98.

Marek, E. A., C. Eubanks, and T. H. Gallaher. 1990. "Teachers' understanding and the use of the learning cycle." **Journal of Research in Science Teaching** 27 (12): 821-834.

Marini, A. and R. Genereux. 1995. "The challenge of teaching for transfer". In A. McKeough, A.J. Lupart, & A. Marini (eds.). **Teaching for transfer: Fostering generalization in learning**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Martin, R. E. Jr., C. Sexton, K. Wagner, and J. Gerlovich. 1994. **Teaching Science for All Children**. Massachusetts: Allyn and Bacon.

McDermott, L. and P. Shaffer. 1992. "Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity Part II: Design of Instructional Strategies." **American Journal of Physics** 60: 1003-1013.

Merrienboer, J. G. 1997. **Training Complex Skills: A four-Components Instructional Design Models for Technical Training**. New Jersey: Educational.

- Mestre, J. P. 2002. "Probing adults' conceptual understanding and transfer of learning via problem posing." **Journal of Applied Developmental Psychology** 23 (1): 9-50.
- Muthkrishna, N. C., D. Grossen, and B. S. Miller. 1993. "Children's Alternative Frameworks: should they be directly addressed in science instruction?." **Journal of Research in Science Teaching** 30 (3): 233-248.
- National Research Council [NRC.]. 1996. **National Science Education Standards**. Washington, D.C.: National Academy Press.
- _____. 2000. **Inquiry and the national science education standards**. Washington, D.C.: National Academic Press.
- Perkins, D. N. 1992. **Transfer of Learning** (Online). <http://learnweb.harvard.edu/alps/thinking/docs/traencyn.htm>, March 31, 2012.
- Renner, J. W, D. G. Stafford, and W. B. Ragan. 1979. **Teaching Science in the Elementary school**. 2nd ed. New York: Harper & Row Publishing.
- Royer, J. M. 1979. "Theories of the Transfer of Learning." **Educational Psychologist** 14: 53-69.
- Salierno, C., D. Edelson, and B. Sherin. 2005. "The Development of Student Conceptions of the Earth-Sun Relationship in an Inquiry-Based Curriculum." **Journal of Geoscience Education** 53 (4): 422-431.
- Sarah, L., L. McDonald, and S. Doyle. 2006. **The transfer of Learning Participants' Perspectives of Adult Education and Training**. Gower Publishing Company.
- Slavin, R. E. 1994. **Educational psychology theory and practice**. Massachusetts: Allyn and Bacon.

Sternberg, R. J. and W. M. Williams. 2002. **Educational Psychology**. Boston: Allyn& Bacon.

Thomas,R., L. Anderson., L. Getahun., and B. Cooke. 1992. “Teaching for Transfer of Learning.” **Proceeding of the national center for research in vocational education university of California**. Berkley: California.

Tobin, K., D. J. Tippins, and A. J. Gallard. 1994. Research on Instructional Strategies for Teaching Science. In D. Gabel. (ed.) **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. New York: Macmillan.

Treagust, D. F. 2006. **Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention**. Assessment in Science Teaching and Learning Symposium Proceedings.

Valanides, N. and C. Angeli. 2008. “Distributed Cognition in a Sixth-Grade Classroom: An Attempt to Overcome Alternative Conceptions about Light and Color.” **Journal of Research on Technology in Education** 40 (3): 309-336.

Westbrook, S. L. and E. A. Marek. 1992. “A Cross-Age Study of Student Understanding of Concept of Homeostasis.” **Journal of Research in Science Teaching** 29 (January): 51-61.

Wollfolk, A. E. 1995. **Educational Psychology**. 6th ed. Boston: Allyn& Bacon.





รายนามผู้เชี่ยวชาญ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้ผ่านไปได้อย่างดี ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ประกอบด้วย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ อารยะธนิตกุล
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมศักดิ์ เตชะโกสิต
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์สุมิตร สวนสุข
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย



ตารางผนวกที่ 1 สรุปแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
1	2 คาบ	- การเคลื่อนที่ของแสง - อัตราเร็วของแสง	ด้านความรู้ 1. อธิบายธรรมชาติของแสงที่มา จากแหล่งกำเนิดแสงได้ 2. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ ของแสงได้ 3. อธิบายวิธีการวัดอัตราเร็วของ แสงได้ ด้านทักษะ/กระบวนการ 4. ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบ ลักษณะการเคลื่อนที่ของแสงได้ ด้านคุณลักษณะ 5. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมี ความสุข 7. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผล การทดลอง	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (10 นาที) - กิจกรรมกระดาษแผ่นเล็ก เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วแสง - นักเรียนคิดคำตอบบนกระดานดำ โดยแยกกลุ่มตามแนวคำตอบที่ใกล้เคียงกัน - ครูอ่านคำตอบของนักเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที) - ทำนายผลก่อนทำกิจกรรมที่ 1 เรื่องแสงเดินทางอย่างไร โดยตอบลงในช่อง P (Predict) ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (15 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 1 เรื่องแสงเดินทางอย่างไร - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (10 นาที) - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 1 เรื่องแสงเดินทางอย่างไร หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของแสง ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (20 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 2 เรื่องการหาอัตราเร็วของแสง - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 2 หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับอัตราเร็วของแสง

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
				ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที) - ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องแสงเดินทางอย่างไร ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการหาอัตราเร็วของแสง และใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องธรรมชาติของแสง การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (25 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 3 เรื่องธรรมชาติของแสง - นำเสนอกิจกรรมที่ 3 เรื่องธรรมชาติของแสง - สรุปแผนผังความคิด การใช้ประโยชน์จากแสงที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน
2	2 คาบ	- กฎการสะท้อนของแสง	ด้านความรู้ 1. อธิบายการสะท้อนแสงที่ผิววัตถุลักษณะต่างๆ และสรุปเป็นกฎการสะท้อนของแสงได้ 2. บอกได้ว่า รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากอยู่บนระนาบเดียวกัน 3. สรุปได้ว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (10 นาที) - ชมวิดีโอ เรื่องแสงคืออะไร - ตอบคำถามจากวิดีโอ (คิดเดี่ยว-คิดคู่-คิดกลุ่ม) ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที) - ทำนายผลก่อนทำกิจกรรมที่ 4 เรื่องผิวของวัตถุกับการสะท้อนของแสง โดยตอบลงในช่อง P (Predict) ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (10 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 4 เรื่องผิวของวัตถุกับการสะท้อนของแสง - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
		ด้านทักษะ/กระบวนการ	ด้านที่ 4 ขั้นอธิบาย (10 นาที)	
		4. เขียนรังสีของแสงตกกระทบและรังสีของแสงสะท้อนได้	- นำเสนอผลกิจกรรมที่ 4 เรื่องผิวของวัตถุกับการสะท้อนของแสง หน้าชั้นเรียน	
		ด้านคุณลักษณะ	- อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงกับผิววัตถุชนิดต่างๆ	
		5. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย	ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (40 นาที)	
		และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ	- ทำกิจกรรมที่ 5 เรื่องกฎการสะท้อนของแสง	
		6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข	- อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม	
		7. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง	- นำเสนอผลกิจกรรมที่ 5 หน้าชั้นเรียน	
			- อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสง	
			ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (5 นาที)	
			- ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 4 เรื่องผิวของวัตถุกับการสะท้อนของแสง ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่องกฎการสะท้อนของแสง และใบกิจกรรมที่ 6 เรื่องแต่งไปแต่งมา การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้	
			ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (20 นาที)	
			- ทำกิจกรรมที่ 6 เรื่องแต่งไปแต่งมา	
			- นำเสนอกิจกรรมที่ 6 เรื่องแต่งไปแต่งมา	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
3	2 คาบ	- ภาพจากกระเจราบ	ด้านความรู้ 1. บอกตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดขึ้นจากกระเจราบ 2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุและระยะภาพ 3. นำแนวคิดเรื่องภาพที่เกิดจากกระเจราบไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้านทักษะ/กระบวนการ 4. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระเจราบ ด้านคุณลักษณะ 5. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (10 นาที) - ตอบคำถามในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องการเกิดภาพจากกระเจราบ ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที) - สังเกตภาพต่างๆ ที่เกิดจากกระเจราบ - อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 7 เรื่องการเกิดภาพจากกระเจราบ - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 7 เรื่องการเกิดภาพจากกระเจราบ หน้าชั้นเรียน - อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (10 นาที) - สรุปเกี่ยวกับลักษณะภาพที่เกิดจากกระเจราบ ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (20 นาที) - ฝึกเขียนรังสีของแสงแสดงการเกิดภาพ - ฝึกเขียนภาพที่เกิดจากกระเจราบ - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
			7. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผล การทดลอง	ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที) - ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 7 เรื่องการหาตำแหน่งภาพจากกระจกเงาราบ ใบกิจกรรมที่ 8 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ และใบกิจกรรมที่ 9 เรื่องการใช้ประโยชน์จากกระจกเงาราบ การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (15 นาที) - อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสถิติเกอร์หน้ารถพยาบาลที่ติดกลับด้าน
4	2 คาบ	- ภาพจากกระจกโค้ง	ด้านความรู้ 1. อธิบายลักษณะของกระจกเว้า และกระจกนูน 2. อธิบายความหมายของโฟกัส รัศมีความโค้ง ความยาวโฟกัส และความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสอง 3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของกระจกโค้ง	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (5 นาที) - ตอบคำถามในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องการเกิดภาพจากกระจกโค้ง ขั้นที่ 2 ขั้นรู้ความสนใจ (5 นาที) - สังเกตภาพที่เกิดจากช้อน ทับพี และกระทะ - อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 10 หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับสมบัติของกระจกโค้งนูน-เว้า

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
			ด้านทักษะ/กระบวนการ	ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (20 นาที)
		4. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกนูนและกระจกเว้า		- อธิบายเกี่ยวกับการเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากกระจกโค้งนูน-เว้า - อธิบายเกี่ยวกับการคำนวณโฟกัสของกระจก ระยะภาพ ระยะวัตถุ และการขยายของภาพ
		5. คำนวณหาขนาด ตำแหน่ง และชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง		ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (20 นาที) - ฝึกเขียนรังสีของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกโค้งนูน-เว้า - ฝึกการคำนวณเกี่ยวกับกระจกโค้ง
		ด้านคุณลักษณะ		ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที)
		6. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ		- ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง และ ใบกิจกรรมที่ 12 เรื่องการใช้ประโยชน์จากกระจกโค้ง การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้
		7. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข		ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (10 นาที)
		8. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง		- อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกระจกที่ทันตแพทย์ใช้ และกระจกมองข้างรถยนต์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
5	4 คาบ	- กฎการหักเหของแสง - มุมวิกฤต - การสะท้อนกลับหมด	ด้านความรู้ 1. อธิบายการหักเหของแสงที่รอยต่อของตัวกลางคู่หนึ่งๆ 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหและกฎของสเนลล์ 3. อธิบายกฎการหักเหของแสงได้ 4. อธิบายความหมายของมุมวิกฤต 5. อธิบายความหมายของการสะท้อนกลับหมด 6. นำแนวคิดเรื่องการหักเหของแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้านทักษะ/กระบวนการ 7. ทดลองการหักเหของแสงเพื่อสรุปเป็นกฎของสเนลล์ ด้านคุณลักษณะ 8. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (10 นาที) - กิจกรรมกระดานแผ่นเล็ก เรื่องการหักเหแสง - นักเรียนคิดคำตอบบนกระดานดำ โดยแยกกลุ่มตามแนวคำตอบที่ใกล้เคียงกัน - ครูอ่านคำตอบของนักเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที) - สังเกตดินสอในแก้วใส่น้ำให้เต็มแก้ว - อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจค้นหา (40 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 13 เรื่องการหักเหของแสง - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 13 หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับกฎการหักเหของแสง ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (25 นาที) - ศึกษาเกี่ยวกับดัชนีหักเหของแสงจากหนังสือเรียน - สรุปกฎของสเนลล์ ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (10 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 14 เรื่องดัชนีหักเหของแสง

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
		9. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข		ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที) - ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 13 เรื่องการหักเหของแสงใบกิจกรรมที่ 14 เรื่องดัชนีหักเหของแสง และใบกิจกรรมที่ 15 เรื่องภาพมirage การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้
		10. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง		ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (15 นาที) - ชมวีดิทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์มirage - ทำกิจกรรมที่ 15 เรื่องภาพมirage - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 15 หน้าชั้นเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที) - ตอบคำถาม และอภิปรายร่วมกัน ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจค้นหา (30 นาที) - สุ่มตัวแทนนักเรียนสาธิตกิจกรรมที่ 16 เรื่องมุมวิกฤต - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 16 หน้าชั้นเรียน ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (20 นาที) - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับมุมวิกฤต

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
				ขั้นที่ 5 ขยายความรู้ (20 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 17 เรื่องมุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด ขั้นที่ 6 ประเมินผล (5 นาที) - ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 16 เรื่องมุมวิกฤต ใบกิจกรรมที่ 17 เรื่องมุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด และใบกิจกรรมที่ 18 เรื่องเส้นใยนำแสง การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ ขั้นที่ 7 ขนึ้นนำความรู้ไปใช้ (5 นาที) - อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเส้นใยนำแสง
6	2 คาบ	- ความลึกจริง ความลึกปรากฏ	ด้านความรู้ 1. อธิบายการเห็นวัตถุใต้น้ำตื้นกว่าตำแหน่งจริง 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง ความลึกปรากฏ และ ครรชนหักเห 3. นำแนวคิดเรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้	ขั้นที่ 1 ขันตรวจสอบความรู้เดิม (5 นาที) - ตอบคำถามในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องความลึกจริง ความลึกปรากฏ ขั้นที่ 2 ขันรู้ความสนใจ (5 นาที) - ทำนายผลก่อนทำกิจกรรมที่ 19 เรื่องเหรียญล่องหน โดยตอบลงในช่อง P (Predict) ขั้นที่ 3 ขันสำรวจและค้นหา (15 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 19 เรื่องเหรียญล่องหน - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 19 หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับความลึกจริง ความลึกปรากฏ

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
		ด้านทักษะ/กระบวนการ	ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (25 นาที)	
		4. เขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดควมลึกจริง ความลึกปรากฏ	- ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดควมลึกจริง ความลึกปรากฏ	
		ด้านคุณลักษณะ	- สรุปความสัมพันธ์ระหว่างควมลึกจริง ความลึกปรากฏ และดรรชนีหักเห	
		5. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย	- ศึกษาการคำนวณเกี่ยวกับควมลึกจริง ความลึกปรากฏ	
		และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ	ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (15 นาที)	
		6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข	- ทำกิจกรรมที่ 20 เรื่องควมลึกจริง ความลึกปรากฏ	
		7. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง	ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที)	
			- ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 19 เรื่องเหรียญล่องหน ใบกิจกรรมที่ 20 เรื่องควมลึกจริง ความลึกปรากฏ และใบกิจกรรมที่ 21 เรื่องตาดีได้ ตาร้ายเสีย การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้	
			ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (25 นาที)	
			- ทำกิจกรรมที่ 21 เรื่องตาดีได้ ตาร้ายเสีย	
			- นำเสนอผลกิจกรรมที่ 21 หน้าชั้นเรียน	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
7	4 คาบ -	เลนส์นูน	ด้านความรู้ - อธิบายส่วนประกอบสำคัญของเลนส์นูน - หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส - นำแนวคิดเรื่องภาพที่เกิดจากเลนส์นูนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้านทักษะ/กระบวนการ - เขียนรังสีของแสงเพื่อหาดำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์นูน - คำนวณหาขนาด ตำแหน่ง และชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์นูน	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (10 นาที) - ตอบคำถามในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องเลนส์นูน ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที) - แจกเลนส์นูนให้นักเรียน - อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเลนส์นูน ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (35 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 22 เรื่องสมบัติของเลนส์นูน - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (20 นาที) - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 22 หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับสมบัติของเลนส์นูน ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (60 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 23 เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน - อภิปรายและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัส ระยะภาพ และระยะวัตถุ - ศึกษาการเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากเลนส์นูน - ฝึกเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากเลนส์นูน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
8	2 คาบ	- เล่นสเก็ต	ด้านคุณลักษณะ 6. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ 7. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข 8. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง	ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที) - ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 22 เรื่องสมบัติของเลนส์นูน ใบกิจกรรมที่ 23 เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน ใบกิจกรรมที่ 24 เรื่องภาพที่เกิดจากเลนส์นูน ใบกิจกรรมที่ 25 เรื่องการใช้ประโยชน์จากเลนส์นูน แผนผังความคิดเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเลนส์นูน การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้
			ด้านความรู้ 1. อธิบายส่วนประกอบสำคัญของเลนส์เว้า 2. นำแนวคิดเรื่องภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้านทักษะ/กระบวนการ 3. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า	ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (60 นาที) - กิจกรรมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เรื่องทัศนอุปกรณ์ - นำเสนอผลการศึกษา และเดินชมผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ - สรุปแผนผังความคิดเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเลนส์นูน
8	2 คาบ	- เล่นสเก็ต	ด้านความรู้ 1. อธิบายส่วนประกอบสำคัญของเลนส์เว้า 2. นำแนวคิดเรื่องภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้านทักษะ/กระบวนการ 3. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า	ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (5 นาที) - ตอบคำถามในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องเลนส์เว้า ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที) - แจกเลนส์เว้าให้นักเรียน - อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเลนส์เว้า ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (15 นาที) - ทำกิจกรรมที่ 26 เรื่องสมบัติของเลนส์เว้า - อภิปรายกลุ่ม และตอบคำถาม

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	เวลา	แนวคิด	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรม
		4. กำหนดหาขนาด ตำแหน่ง และ ชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า	ด้านคุณลักษณะ	ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (20 นาที) - นำเสนอผลกิจกรรมที่ 26 หน้าชั้นเรียน - อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับสมบัติของเลนส์เว้า
		5. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ		- อภิปรายและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัส ระยะเวลา และระยะวัตถุ
		6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข		ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (25 นาที) - ศึกษาการเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากเลนส์เว้า - ฝึกเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากเลนส์เว้า
		7. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง		- ทำกิจกรรมที่ 27 เรื่องภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที) - ประเมินผลจากใบกิจกรรมที่ 26 เรื่องสมบัติของเลนส์เว้า ใบกิจกรรมที่ 27 เรื่องภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า และใบกิจกรรมที่ 28 เรื่องมองไกลไม่ชัดจน การตอบคำถาม การอภิปราย การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (20 นาที) - กิจกรรมสายตาสั้น-สายตายาว - ทำกิจกรรมที่ 28 เรื่องมองไกลไม่ชัดจน



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องแสง

แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แสง

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม

รหัสวิชา ว30204

แผนที่ 4 เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

เวลา 100 นาที

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายการสะท้อนของแสง การหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง ทั้งโดยการเขียนภาพและการคำนวณ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครบถ้วนทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของ ความผิดพลาดของข้อมูล

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และในชีวิตจริง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะของกระจกเว้าและกระจกนูน
2. อธิบายความหมายของโฟกัส รัศมีความโค้ง ความยาวโฟกัส และความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสอง
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของกระจกโค้ง
4. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเว้าและกระจกนูน
5. คำนวณหาขนาด ตำแหน่ง และชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง
6. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และกระตือรือร้นในการหาคำตอบ
7. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข
8. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง

สาระสำคัญ

ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้า ระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส จะมีความสัมพันธ์กัน ตามสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ และขนาดของภาพมีทั้งใหญ่กว่า เท่ากับ และ เล็กกว่าวัตถุ

ประโยชน์ของกระจกเว้า

1. ใช้ประกอบกับกล้องจุลทรรศน์เพื่อช่วยรวมแสงไปที่แผ่นสไลด์ ทำให้มองเห็นภาพชัดเจนขึ้น
2. ทันตแพทย์ใช้ส่องดูฟันคนไข้ ทำให้เห็นภาพของฟันมีขนาดใหญ่กว่าเดิมทำให้สะดวกต่อการรักษา

ประโยชน์ของกระจกนูน

1. ใช้ติดรถยนต์และรถจักรยานยนต์ เพื่อดูรถด้านหลังเช่นเดียวกับกระจกเงาราบ แต่ภาพจะอยู่ในระยะที่ใกล้กว่า
2. ใช้ติดตั้งบริเวณทางเลี้ยว เพื่อช่วยให้มองเห็นรถยนต์ที่วิ่งสวนทาง

ความรู้/ทักษะพื้นฐาน

1. การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุจะเกิดการสะท้อนของแสง โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง ดังนี้
 - 1.1 รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
 - 1.2 มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
2. การหาจุดศูนย์กลางความโค้งของวงกลม
3. ชนิดของภาพ
 - 3.1 ภาพจริง เกิดจากการตัดกันจริงของรังสีหักเห
 - 3.2 ภาพเสมือน เกิดจากการต่อแนวรังสีหักเหไปตัดกัน

กิจกรรมการเรียนรู้

ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (5 นาที)

1. ครูแจกบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องการเกิดภาพจากกระจกโค้ง เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจก
2. ครูกล่าวถึงกระจกเงาราบที่ได้เรียนไปในคาบเรียนที่ผ่านมา แล้วถามนักเรียนว่าเรามองเห็นภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้อย่างไร (มีแสงสะท้อนจากวัตถุไปตกกระทบกับกระจกเงาราบ และสะท้อนมายังตาของเรา) จากนั้นครูถามต่อไปว่า นอกจากกระจกเงาราบ นักเรียนเคยเห็นกระจกเงาลักษณะใดอีกบ้าง (กระจกโค้ง และกระจกนูน)

3. ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบกับภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง มีลักษณะเหมือนกันอย่างไร (ต่างกัน เนื่องจากภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีลักษณะเป็นภาพหัวตั้งมีขนาดเท่ากับวัตถุ แต่ภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาโค้งมีทั้งภาพหัวตั้งขนาดเล็กกว่าวัตถุ และภาพหัวกลับขนาดเล็กกว่าวัตถุ ขนาดเท่าวัตถุ และขนาดใหญ่กว่าวัตถุ)

4. ครูถามนักเรียนว่า เรามองเห็นภาพในกระจกเงาโค้งเว้าและกระจกเงาโค้งนูนหรือไม่ (มองเห็น) และนักเรียนคิดว่า เรามองเห็นภาพในกระจกโค้งได้อย่างไร (มีแสงเคลื่อนที่ไปตกกระทบวัตถุ แล้วเกิดการสะท้อนไปตกกระทบที่กระจกโค้ง แล้วรังสีสะท้อนจากกระจกเงาเคลื่อนที่มายังตาของเรา) โดยเขียนคำตอบลงในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง และให้เขียนรูปแสดงการเคลื่อนที่ของแสงที่ทำให้เรามองเห็นภาพในกระจกโค้งเว้าและกระจกโค้งนูน

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที)

5. ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนเคยเห็นวัตถุที่มีผิวสะท้อนโค้งนูนและโค้งเว้าที่ไหนบ้าง (นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ซึ่งมีตัวอย่างคำตอบ เช่น กระจกที่อยู่ตามสี่แยก ซ้อน ทับทิม และกระทะ เป็นต้น)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรับชิ้น กลุ่มละ 1 ชิ้น จากนั้น ครูถามนักเรียนว่า ชิ้นที่ได้รับเป็นวัตถุที่มีผิวสะท้อนโค้งนูนหรือโค้งเว้า (เป็นได้ทั้ง 2 แบบ)

7. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า ผิวโค้งนูนและผิวโค้งเว้ามีลักษณะอย่างไร โดยใช้ตัวอย่างจากชิ้น

8. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นจากผิวสะท้อนโค้งนูนและผิวสะท้อนโค้งเว้า โดยให้นักเรียนสังเกตภาพที่เกิดจากชิ้น

9. ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบภาพที่สังเกตได้กับคำทำนายที่ได้อธิบายไว้ในบัตรคำถามก่อนเรียน เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งว่าเหมือนกันหรือไม่อย่างไร

10. ครูแจ้งให้นักเรียนทราบว่า ก่อนที่นักเรียนจะได้ศึกษาลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง นักเรียนจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของกระจกโค้งก่อน

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที)

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มรับอุปกรณ์การทดลอง ได้แก่ ก่องแสง กระดาษขาว และแผ่นโลหะบางโค้ง

12. ครูแจ้งให้นักเรียนทราบว่า ในการทดลองจะใช้แผ่นโลหะบางโค้งแทนกระจกเงาโค้ง

13. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทำการทดลองจากใบกิจกรรมที่ 10 เรื่อง คุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า

14. นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองตามใบกิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า (รายละเอียดตามใบกิจกรรมที่ 10) และบันทึกผลการทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรมที่ 10

15. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า โดยครูใช้คำถามดังนี้

15.1 เมื่อแสงขนานไปตกกระทบผิวสะท้อนโค้งเว้า แสงที่สะท้อนมีลักษณะอย่างไร (แสงที่สะท้อนออกมาจะเกิดการรวมกันที่จุดใดจุดหนึ่ง) จากนั้นครูบอกให้นักเรียนทราบว่า จุดที่ลำแสงสะท้อนไปรวมกัน เรียกว่า จุดโฟกัส โดยระยะห่างจากจุดโฟกัสถึงผิวสะท้อน เรียกว่า ระยะโฟกัส และระยะจากจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกถึงผิวสะท้อน จะมีความยาวเป็นสองเท่าของระยะโฟกัส

15.2 เมื่อแสงขนานไปตกกระทบผิวสะท้อนโค้งนูน แสงที่สะท้อนมีลักษณะอย่างไร (แสงที่สะท้อนออกมามีการกระจายของแสงออกจากผิวของวัตถุ) จากนั้นครูถามว่า ผิวสะท้อนโค้งนูนมีจุดโฟกัสหรือไม่ ถ้ามีนักเรียนคิดว่าจุดโฟกัสของกระจกนูนอยู่ที่จุดใด (มี โดยจุดโฟกัสอยู่ที่ตำแหน่งที่ต่อแนวรังสีสะท้อนไปตัดกัน ด้านหลังผิวสะท้อนโค้งนูน) จากนั้นครูอธิบายให้นักเรียนทราบว่า ถ้าทำการต่อแนวรังสีสะท้อนไปทางด้านหลังของผิวสะท้อนโค้งนูน เส้นที่ต่อออกไปจะไปตัดกันที่จุดใดจุดหนึ่ง เสมือนว่าลำแสงสะท้อนมาจากจุดใดจุดหนึ่งด้านหลังผิวสะท้อนโค้งนูน ซึ่งจุดนั้นเรียกว่า จุดโฟกัส

15.3 สำหรับผิวสะท้อนโค้งนูน เป็นไปได้หรือไม่ที่จะมีแสงขนานที่สะท้อนจากผิวสะท้อนโค้งนูนไปรวมกันจริงๆ เหมือนผิวสะท้อนโค้งเว้า (ไม่ได้)

16. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า โดยมีความสำคัญว่า

16.1 เมื่อลำแสงขนานตกกระทบผิวสะท้อนโค้งเว้า ลำแสงสะท้อนจะไปรวมกันที่จุดโฟกัส ที่อยู่ด้านหน้าของผิวสะท้อนโค้งเว้า

16.2 เมื่อลำแสงขนานตกกระทบผิวสะท้อนโค้งนูน ลำแสงสะท้อนจะกระจายออก เสมือนว่าลำแสงสะท้อนมาจากจุดใดจุดหนึ่งด้านหลังผิวสะท้อนโค้งนูน ซึ่งจุดนั้นเรียกว่า จุดโฟกัส

17. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ระยะจากจุดโฟกัสไปถึงผิวสะท้อนโค้ง จะเรียกว่า ความยาวโฟกัส (f)

18. นักเรียนแต่ละกลุ่มรับกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้า จากนั้นให้นักเรียนวางวัตถุไว้ที่ระยะแตกต่างกัน จากนั้นสังเกตภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้า แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (20 นาที)

19. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้า จนได้ข้อสรุปว่า

19.1 เมื่อเปลี่ยนระยะระหว่างกระจกโค้งและวัตถุ ภาพที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเปลี่ยนไป

19.2 กระจกโค้งเว้า จะให้ภาพที่มีลักษณะเป็นภาพหัวกลับ

19.3 กระจกโค้งนูน จะให้ภาพที่มีลักษณะเป็นภาพหัวตั้ง

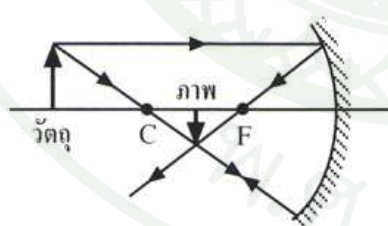
20. ครูอธิบายวิธีการเขียนรังสีของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกโค้ง ดังนี้

20.1 เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุถึงผิวกระจกโค้งในแนวขนานกับแกนमुखสำคัญ จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกโค้งผ่านจุดโฟกัส

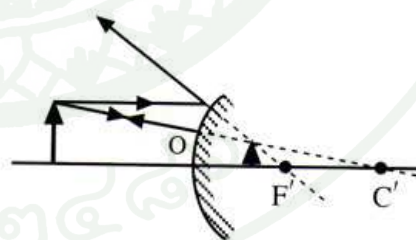
20.2 เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุผ่านจุดโฟกัสถึงผิวกระจกโค้ง จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกโค้งขนานกับแกนमुखสำคัญ

20.3 เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุผ่านศูนย์กลางความโค้งถึงผิวกระจกโค้ง จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกโค้งย้อนกลับทางเดิม

21. ครูและนักเรียนร่วมกันเขียนภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้าในกรณีที่วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$) โดยทำใบกิจกรรมที่ 11 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง โดยครูเห็นว่า การเกิดภาพจากกระจกเว้าโค้งและโค้งนูนเป็นไปตามกฎการสะท้อน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเขียนภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง



ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูน



ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งเว้า

ภาพแสดง การเขียนภาพในกรณีที่วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$)

22. นักเรียนร่วมกันอภิปรายภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้าในกรณีที่วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$) (ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งเว้าเป็นภาพหัวกลับ มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ ภาพเกิดหน้ากระจกโค้งเว้า ส่วนกระจกโค้งนูนเป็นภาพหัวตั้ง มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ ภาพเกิดด้านหลังกระจก) จากนั้นครูถามต่อว่า ภาพที่เกิดจากกระจกทั้งสองชนิด มีลักษณะการเกิดเหมือน

หรือแตกต่างกันอย่างไร (แตกต่างกัน ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งเว้า เกิดจากการตัดกันจริงของรังสีสะท้อน ส่วนภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูน เกิดจากการต่อแนวรังสีสะท้อนไปตัดกัน)

23. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ภาพที่เกิดจากการตัดกันจริงของรังสีสะท้อน จะเรียกว่า ภาพจริง ส่วนภาพที่เกิดจากการต่อแนวรังสีสะท้อนไปตัดกัน จะเรียกว่า ภาพเสมือน

24. นักเรียนร่วมกันสรุปอีกครั้งว่า ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งเว้าในกรณีที่วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$) เป็นภาพจริงหัวกลับ มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูนในกรณีที่วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$) เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ

25. ครูบอกให้นักเรียนทราบว่า นอกจากการหาภาพที่เกิดจากกระจกโค้งโดยการวาดรูปแล้ว ยังสามารถบอกลักษณะ และตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง ได้จากการคำนวณ

26. นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการหาดำแหน่งภาพ จากรูปที่ 11.14 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 ของ สสวท. หน้า 123 – 124

27. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย จนได้สมการ $\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$ และการขยาย
ของภาพ $M = \frac{I}{O} = \frac{s'}{s} = \frac{f}{s-f} = \frac{s'-f}{f}$ จากนั้นครูเน้นเกี่ยวกับการใช้เครื่องหมาย
ของ s, s' และ f ดังนี้

ระยะวัตถุ s อยู่หน้ากระจกโค้ง มีเครื่องหมาย +

ระยะภาพ s' ของภาพจริง (หน้ากระจกโค้ง) มีเครื่องหมาย + และ s' ของภาพเสมือน (หลังกระจกโค้ง) มีเครื่องหมาย -

ความยาวโฟกัส f ของกระจกเว้ามีเครื่องหมาย + ของกระจกนูนมีเครื่องหมาย -

ขนาดภาพ I ของภาพจริง (หน้ากระจกโค้ง) มีเครื่องหมาย + และ I ของภาพเสมือน (หลังกระจกโค้ง) มีเครื่องหมาย -

ขนาดวัตถุ O มีเครื่องหมาย + เสมอ

28. นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 11.1 - 11.3 ในหนังสือเรียน หน้า 124 - 126 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการเขียนทางเดินของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้า และการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง โดยใช้สมการ $\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$ และการขยาย

$$M = \frac{I}{O} = \frac{s'}{s} = \frac{f}{s-f} = \frac{s'-f}{f}$$

ขั้นที่ 5 ขันขยายความรู้ (20 นาที)

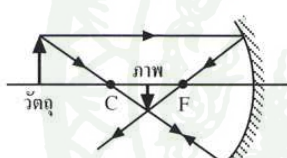
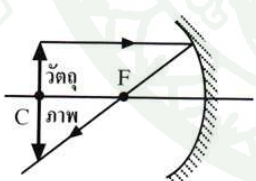
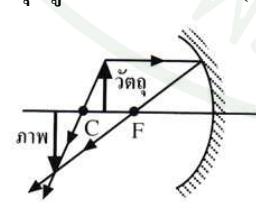
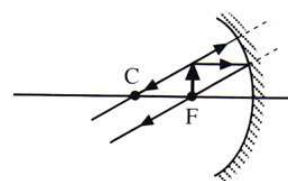
29. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเขียนรูปแสดงการเกิดภาพจากการวางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาโค้งเป็นระยะทางมากกว่า $2f$, เท่ากับ $2f$, มากกว่า f แต่น้อยกว่า $2f$, เท่ากับ f และน้อยกว่า f พร้อมอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น โดยทำลงในใบกิจกรรมที่ 11 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

30. นักเรียนแต่ละกลุ่มคำนวณเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ในใบกิจกรรมที่ 11

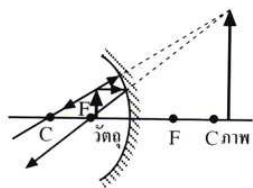
31. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 11

32. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูนและกระจกโค้งเว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะต่างๆ ดังนี้

32.1 ลักษณะการเกิดภาพจากกระจกโค้งเว้า เมื่อวางวัตถุไว้ที่ตำแหน่งต่างๆ

วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$) 	จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อระหว่างจุด C กับ F ($f < S' < 2f$)
วัตถุอยู่ที่จุด C 	จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเท่าวัตถุที่จุด C ($S' = 2f$)
วัตถุอยู่ระหว่าง C กับ F ($f < S < 2f$) 	จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยายระหว่างจุด C กับ ∞ ($2f < S' < \infty$)
วัตถุอยู่ที่ F ($S = f$) 	จะเกิดภาพที่ระยะไกลมาก ($S' = \infty$)

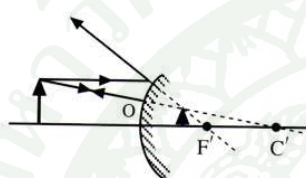
วัตถุอยู่ระหว่างจุด F กับกระจก ($0 < S < f$)



จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดขยาย

32.2 ลักษณะการเกิดภาพเนื่องจากกระจกโค้งนูน เมื่อวางวัตถุไว้ที่ตำแหน่งใดๆ

วางวัตถุหน้ากระจกที่ระยะใดก็ตาม



จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่า
วัตถุ อยู่ระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส
($0 < S' < -f$)

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (10 นาที)

33. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับคุณสมบัติของกระจกโค้งและการเกิดภาพจากกระจกโค้งจากคำถามในใบกิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง และใบกิจกรรมที่ 12 เรื่องการใช้ประโยชน์จากกระจกโค้ง

34. ตรวจสอบแนวคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติของกระจกโค้งและการเกิดภาพจากกระจกโค้งจากการตอบคำถาม การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน

35 นักเรียนเขียนอนุทินลงในแบบบันทึกอนุทินเป็นการบ้าน แล้วนำมาส่งในวันถัดไป ซึ่งประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ดังนี้

35.1 สิ่งที่ได้เรียนรู้

- 1) การเกิดภาพในกระจกโค้ง
- 2) ตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกโค้ง
- 3) ความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส
- 4) การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง

35.2 ความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่มีต่อการเรียน

35.3 การนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ประโยชน์

35.4 ข้อสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้น

35.5 ข้อเสนอแนะที่มีต่อการเรียน

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (10 นาที)

36. ครูถามนักเรียนว่า ในชีวิตประจำวันของนักเรียนพบเห็นการใช้ประโยชน์จากกระจกโค้งบ้างหรือไม่ (กระจกมองหลังของรถยนต์ กระจกที่ทันตแพทย์ใช้ส่องดูฟัน กระจกที่ติดตามลิ้นชัก) จากนั้นครูถามต่อว่า สำหรับกระจกมองหลังของรถยนต์ นักเรียนคิดว่าเป็นกระจกนูนหรือกระจกเว้า เพราะเหตุใด (กระจกนูน เนื่องจากภาพที่เกิดจากกระจกนูนเป็นภาพหัวตั้ง ขนาดย่อ จึงช่วยให้มองเห็นวัตถุที่อยู่ด้านหลังได้มากกว่า ช่วยทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น) และกระจกที่ทันตแพทย์ใช้ส่องดูฟัน เป็นกระจกนูนหรือกระจกเว้า เพราะเหตุใด โดยเขียนคำตอบลงในใบกิจกรรมที่ 12 เรื่องการใช้ประโยชน์จากกระจกโค้ง

37. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 12

38. ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทำกิจกรรม

39. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปงานได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการนำกระจกนูนและกระจกเว้าไปใช้ประโยชน์

สื่อ/แหล่งเรียนรู้

1. บัตรคำถามก่อนเรียน เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง
2. ใบกิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า
3. ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง
4. ใบกิจกรรมที่ 12 เรื่องการใช้ประโยชน์จากกระจกโค้ง
5. อุปกรณ์ในการทำกิจกรรมที่ 10 เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า (ต่อหนึ่งกลุ่ม)
 - 5.1 กล้องแสง 1 ชุด
 - 5.2 แผ่นโลหะผิวโค้ง 1 แผ่น
 - 5.3 หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง
 - 5.4 แผ่นช่องแสงชนิด 3 ช่อง 1 แผ่น

การวัดผลและการประเมินผล

พฤติกรรมที่วัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายลักษณะของกระจก เว้าและกระจกนูน	- การตอบคำถาม ในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมที่ 10 เรื่อง คุณสมบัติของผิวสะท้อน	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง ร้อยละ 70 ของข้อคำถาม ทั้งหมด
2. อธิบายความหมายของ โฟกัส รัศมีความโค้ง ความยาว โฟกัส และความสัมพันธ์ของ ปริมาณทั้งสอง	- การถามตอบใน ระหว่างการทำ กิจกรรม	- ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง - ใบกิจกรรมที่ 12 เรื่อง	
3. อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของ กระจกโค้ง		การใช้ประโยชน์จาก กระจกโค้ง	
4. เขียนรังสีของแสงเพื่อหา ตำแหน่งของภาพที่เกิดจาก กระจกเว้าและกระจกนูน	- การตอบคำถาม ในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง ร้อยละ 70 ของข้อคำถาม ทั้งหมด
5. คำนวณหาขนาด ตำแหน่ง และชนิดของภาพที่เกิดจาก กระจกโค้ง	- การตอบคำถาม ในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง ร้อยละ 70 ของข้อคำถาม ทั้งหมด
6. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่าง สงสัย และกระตือรือร้นในการ หาคำตอบ	- สังเกตพฤติกรรม - ประเมินตนเอง - เพื่อนประเมิน	- แบบสังเกตพฤติกรรม - ใบกิจกรรมที่ 10 เรื่อง คุณสมบัติของผิวสะท้อน	ตามเกณฑ์รูบรีค ดังนี้ ดีมาก เมื่อได้คะแนนเฉลี่ย 4.00 - 5.00 คะแนน
7. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่าง มีความสุข	เพื่อน	โค้งนูน-เว้า - ใบกิจกรรมที่ 11 เรื่อง	ดี เมื่อได้คะแนนเฉลี่ย 3.00 - 3.99 คะแนน
8. มีความซื่อสัตย์ในการ บันทึกผลการทดลอง		ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง - ใบกิจกรรมที่ 12 เรื่อง การใช้ประโยชน์จาก กระจกโค้ง	พอใช้ เมื่อได้คะแนนเฉลี่ย 2.00 - 2.99 คะแนน ควรปรับปรุง เมื่อได้ คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.99 คะแนน

บันทึกผลหลังการสอนแผนที่ เรื่อง

รายการการบันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม					
2. ขั้นเร้าความสนใจ					
3. ขั้นสำรวจค้นหา					
4. ขั้นอธิบาย					
5. ขั้นขยายความรู้					
6. ขั้นประเมินผล					
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้					

บัตรคำถามก่อนเรียน
เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

ชื่อ ชั้น เลขที่

1. เรามองเห็นภาพในกระจกโค้งได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ภาพที่เกิดจากกระจกราบกับภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง มีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 10
เรื่องคุณสมบัติของผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....หน้าที่.....

จุดประสงค์

1. ศึกษาส่วนประกอบของผิวสะท้อนโค้งนูนและผิวสะท้อนโค้งเว้า
2. ศึกษาลักษณะลำแสงสะท้อนจากผิวสะท้อนโค้งนูนและผิวสะท้อนโค้งเว้า เมื่อมีลำแสงขนานตกกระทบกับผิวสะท้อนโค้งนูนและผิวสะท้อนโค้งเว้า

อุปกรณ์

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1. กล้องแสง | 1 ชุด |
| 2. กระดาษขาว | 1 แผ่น |
| 3. แผ่นโลหะผิวโค้ง | 1 แผ่น |
| 4. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ | 1 เครื่อง |
| 5. แผ่นช่องแสงชนิด 3 ช่อง | 1 แผ่น |
| 6. วังเวียน | 1 อัน |

วิธีทำ

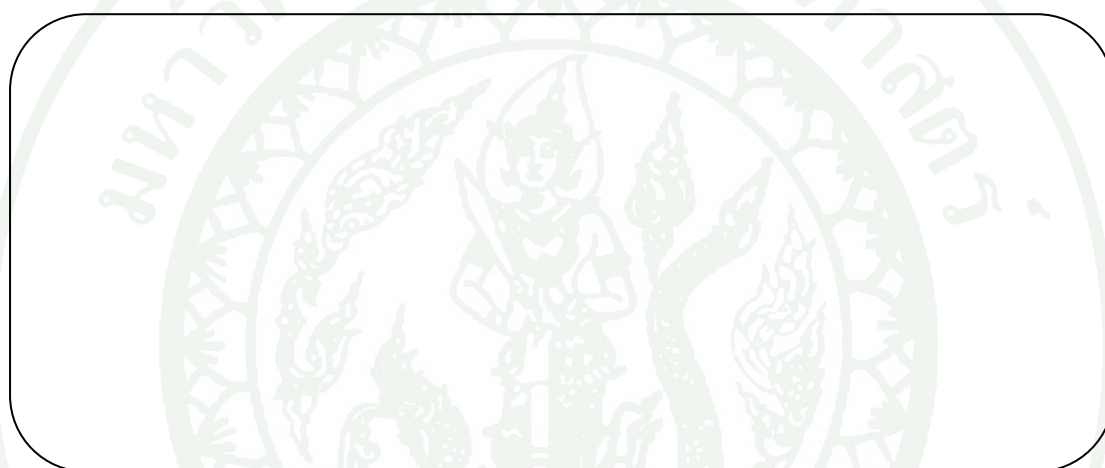
1. เขียนส่วนโค้งของแผ่นโลหะโค้งเว้าลงบนกระดาษขาว จากนั้นหาศูนย์กลางความโค้งของส่วนโค้งนี้
2. ลากเส้นแกนमुखสำคัญ จากศูนย์กลางความโค้งไปยังจุดกึ่งกลางของผิวโค้งเว้า

3. ต่อบางของกล่องแสง นำแผ่นช่องแสงชนิด 3 ช่องใส่ในช่องเสียบด้านหน้าของกล่องแสง จากนั้นวางกล่องแสงบนกระดาษขาว

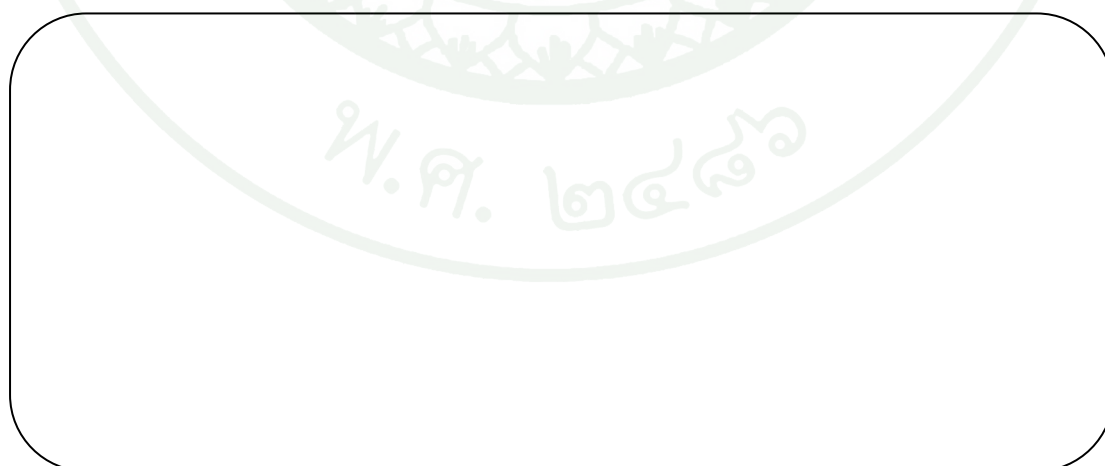
4. เปิดสวิตช์กล่องแสง ให้ลำแสงขนานทั้งสามไปตกกระทบแผ่นโลหะโค้งเว้า โดยให้ลำแสงกลางอยู่บนแกนमुखสำคัญ สังเกตผลที่เกิดขึ้น และบันทึกผล

5. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนผิวสะท้อนเป็นผิวสะท้อนโค้งนูน สังเกตผลที่เกิดขึ้น และบันทึกผล

บันทึกผลการทำกิจกรรม

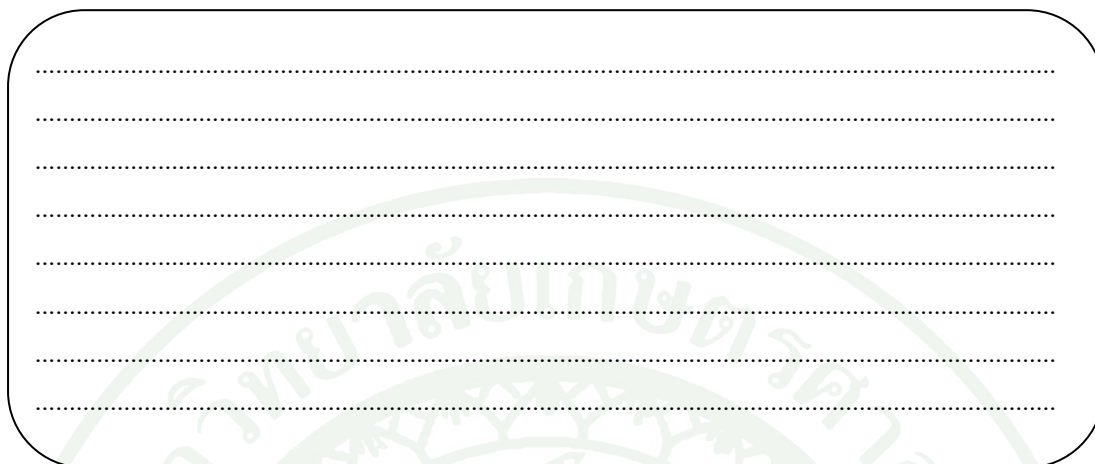


แนวลำแสงที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้งเว้า



แนวลำแสงที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้งนูน

อภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม



คำถามหลังกิจกรรม

1. เมื่อแสงขนานไปตกกระทบผิวสะท้อนโค้งเว้า แสงที่สะท้อนมีลักษณะอย่างไร



2. เมื่อแสงขนานไปตกกระทบผิวสะท้อนโค้งนูน แสงที่สะท้อนมีลักษณะอย่างไร



ใบกิจกรรมที่ 11
เรื่องภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

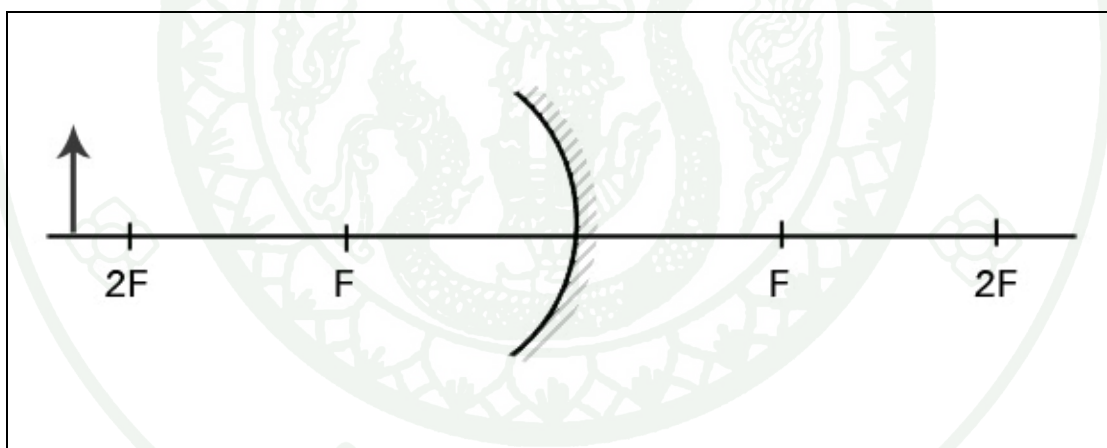
ชื่อ ชั้น เลขที่

ตอนที่ 1 การเขียนภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

คำสั่ง ให้นักเรียนแสดงการเขียนรังสีของแสงเพื่อหาดำแหน่งภาพ และบอกลักษณะของภาพ

กระจกเว้า

1. วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$)



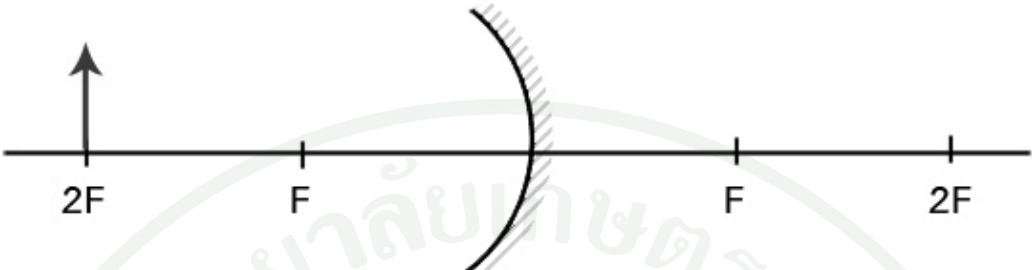
ลักษณะของภาพที่เกิด

- ☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน
☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

- ☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

2. วัตถุอยู่ที่จุด C



ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

3. วัตถุอยู่ระหว่าง C กับ F ($f < S < 2f$)

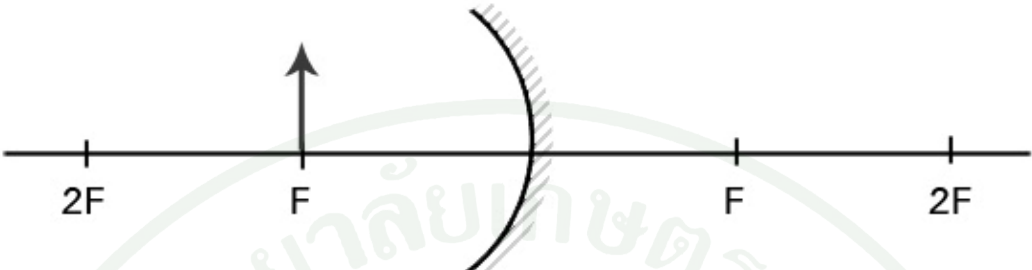

ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

4. วัตถุอยู่ที่จุด F ($S = f$)


ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

5. วัตถุอยู่ระหว่างจุด F กับกระจก ($0 < S < f$)


ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

กระจกนูน

6. วัตถุอยู่ระหว่าง ∞ กับ C ($S > 2f$)



ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

7. วัตถุอยู่ที่จุด C



ลักษณะของภาพที่เกิด

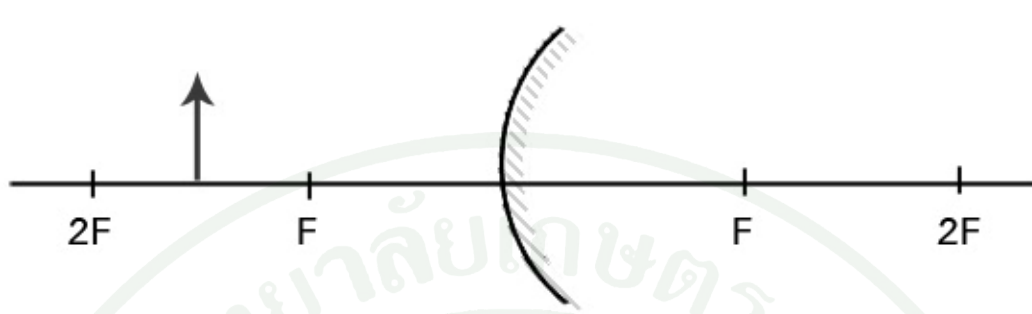
☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

8. วัตถุอยู่ระหว่าง C กับ F ($f < S < 2f$)



A ray diagram for a convex lens. The principal axis is a horizontal line with tick marks at $2F$, F , F , and $2F$ from left to right. A vertical line represents the lens, positioned between the second and third F marks. An upward arrow representing the object is placed on the principal axis between the first and second F marks. Three rays are shown: one parallel to the axis that refracts through the far focal point, one through the optical center that continues straight, and one through the near focal point that refracts parallel to the axis. The rays diverge on the right side, and their back-projections on the left side intersect to form a virtual, upright, and magnified image.

ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

9. วัตถุอยู่ที่จุด F ($S = f$)



A ray diagram for a convex lens. The principal axis is a horizontal line with tick marks at $2F$, F , F , and $2F$ from left to right. A vertical line represents the lens, positioned between the second and third F marks. An upward arrow representing the object is placed on the principal axis exactly at the second F mark. Three rays are shown: one parallel to the axis that refracts through the far focal point, one through the optical center that continues straight, and one through the near focal point that refracts parallel to the axis. The rays emerge parallel to each other on the right side of the lens and do not converge to form a real image.

ลักษณะของภาพที่เกิด

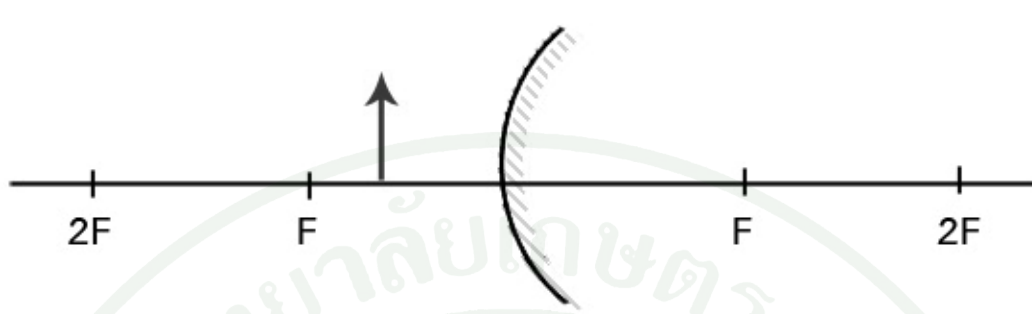
☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

10 วัตถุอยู่ระหว่างจุด F กับกระจก ($0 < S < f$)



ลักษณะของภาพที่เกิด

☐ ภาพจริง ☐ ภาพเสมือน

☐ ภาพหัวตั้ง ☐ ภาพหัวกลับ

ขนาดของภาพเมื่อเทียบกับวัตถุ

☐ ขนาดเท่าวัตถุ ☐ ขนาดขยาย ☐ ขนาดย่อ

ตอนที่ 2 การหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง โดยการคำนวณ

1. เทียนไขสูง 5 เซนติเมตร วางไว้หน้ากระจกเว้าที่ระยะห่างจากกระจกเว้า 10 เซนติเมตร ถ้ากระจกเว้ามีรัศมีความโค้ง 50 เซนติเมตร จงเขียนทางเดินของแสง และคำนวณหาตำแหน่ง ลักษณะ และขนาดของภาพ

พื้นที่สำหรับเขียนคำตอบ

2. ท้นตแพทยถึอกระจกเว้ารัศมีควมโคง 4 เซนตเมตร ห่างจากฟนที่ต้องการอดเป็นระยะ 1 เซนตเมตร ท้นตแพทยจะเห็นฟนในกระจกขยเป็นกึ่งเท่า



ใบกิจกรรมที่ 12
รูปภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

ชื่อ ชั้น เลขที่

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถาม พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

1. กระจกสำหรับใช้มองหลังของรถยนต์ เป็นกระจกนูนหรือกระจกเว้า เพราะเหตุใด



.....

.....

.....

2. กระจกที่ทันตแพทย์ใช้ส่องดูฟัน เป็นกระจกนูนหรือกระจกเว้า เพราะเหตุใด



.....

.....

.....



ภาคผนวก ง
แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง

แบบวัดแนวคิดเรื่องแสง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดแนวคิดนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมเลือกเหตุผลประกอบ จำนวน 15 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบในแต่ละข้อตามความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และเลือกเหตุผลประกอบ โดยสามารถเลือกเหตุผลประกอบได้มากกว่า 1 ข้อ

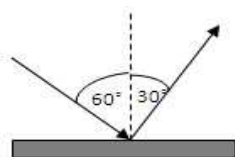
1. พิจารณาอัตราเร็วของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง 3 แหล่ง ได้แก่ ดวงอาทิตย์ หลอดไฟฟ้า และเทียนไข เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศจากแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

- ก. เท่ากัน
- ข. ไม่เท่ากัน โดยแสงจากดวงอาทิตย์มีอัตราเร็วมากที่สุด รองลงมาคือหลอดไฟฟ้า และเทียนไข ตามลำดับ
- ค. ไม่เท่ากัน โดยแสงจากดวงอาทิตย์และหลอดไฟฟ้ามีอัตราเร็วเท่ากัน แต่มากกว่าอัตราเร็วแสงจากเทียนไข
- ง. ไม่เท่ากัน โดยแสงจากหลอดไฟฟ้าและเทียนไขมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่น้อยกว่าอัตราเร็วแสงจากดวงอาทิตย์

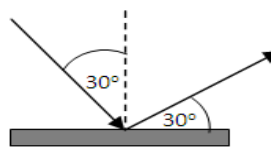
เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) อัตราเร็วของแสงขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง
- 2) อัตราเร็วของแสงไม่ขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง
- 3) แสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน
- 4) แสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงต่างกันจะเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน
- 5) อัตราเร็วแสงจากแหล่งกำเนิดทั้ง 3 ในสุญญากาศจะมีค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที
- 6) แสงจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ จะมีอัตราเร็วมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น
- 7) แสงจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่ จะมีอัตราเร็วมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็ก
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

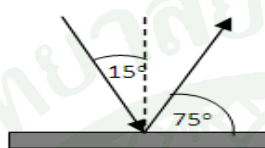
2. รังสีของแสงในข้อใดบ้างที่เป็นไปตามกฎการสะท้อน



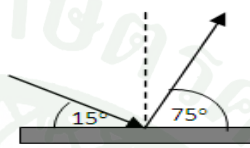
รูป a



รูป b



รูป c



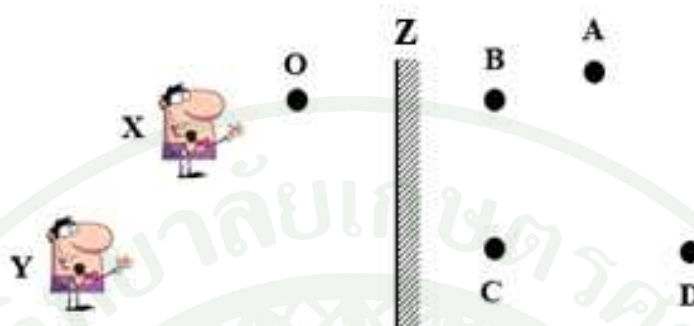
รูป d

- ก. รูป a เท่านั้น
 ข. รูป c เท่านั้น
 ค. รูป b และ d
 ง. รูป a, b และ d

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
- 2) เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน
- 3) มุมตกกระทบในข้อ a-d มีค่าเท่ากับ 30° , 60° , 75° และ 15° ตามลำดับ
- 4) มุมตกกระทบในข้อ a-d มีค่าเท่ากับ 60° , 30° , 15° และ 75° ตามลำดับ
- 5) มุมสะท้อนในข้อ a-d มีค่าเท่ากับ 30° , 30° , 75° และ 75° ตามลำดับ
- 6) มุมสะท้อนในข้อ a-d มีค่าเท่ากับ 60° , 30° , 75° และ 75° ตามลำดับ
- 7) มุมสะท้อนในข้อ a-d มีค่าเท่ากับ 30° , 60° , 15° และ 15° ตามลำดับ
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

3. วัตถุหนึ่งวางหน้ากระจกเงาราบที่ตำแหน่ง O ผู้สังเกตที่ตำแหน่ง X และ Y จะเห็นภาพของวัตถุที่ตำแหน่งใด ตามลำดับ

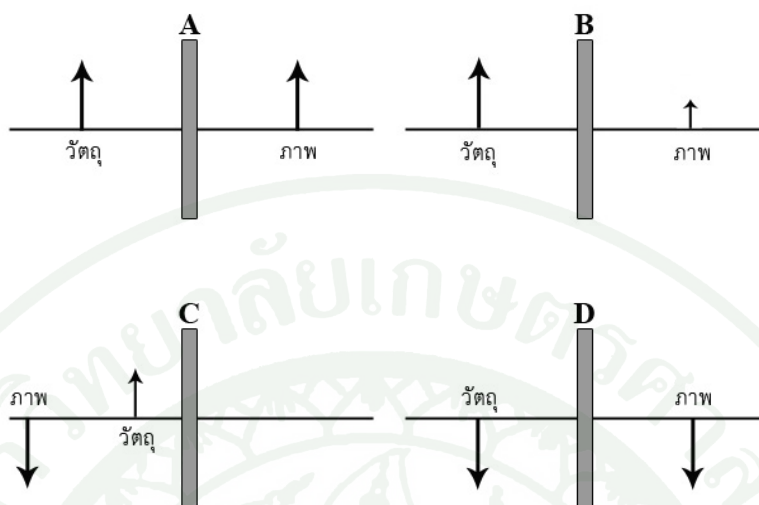


- ก. A, D
- ข. A, C
- ค. B, D
- ง. B, B

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ จะมีระยะภาพขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต
- 2) ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ จะมีระยะภาพที่ไม่ขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกต
- 3) ภาพที่เกิดหน้ากระจกเงาราบ จะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ
- 4) ผู้สังเกต X และ Y จะเห็นระยะวัตถุเท่ากับ XO และ YO และเห็นระยะภาพเท่ากับ OB และ OD ตามลำดับ
- 5) ผู้สังเกต X และ Y จะเห็นระยะวัตถุเท่ากับ OZ และเห็นระยะภาพเท่ากับ ZB
- 6) ผู้สังเกต X และ Y จะเห็นระยะวัตถุเท่ากับ XZ และ YZ และเห็นระยะภาพเท่ากับ ZA และ ZD ตามลำดับ
- 7) ผู้สังเกต X และ Y จะเห็นระยะวัตถุเท่ากับ XZ และ YZ และเห็นระยะภาพเท่ากับ OA และ OC ตามลำดับ
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

4. กระจก A, B, C และ D ดังรูป กระจกใดบ้างที่เป็นกระจกเงาราบ

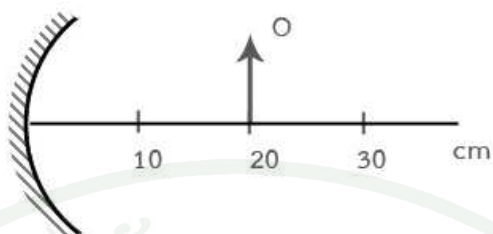


- ก. C เท่านั้น
 ข. A และ D
 ค. B และ C
 ง. A, B และ D

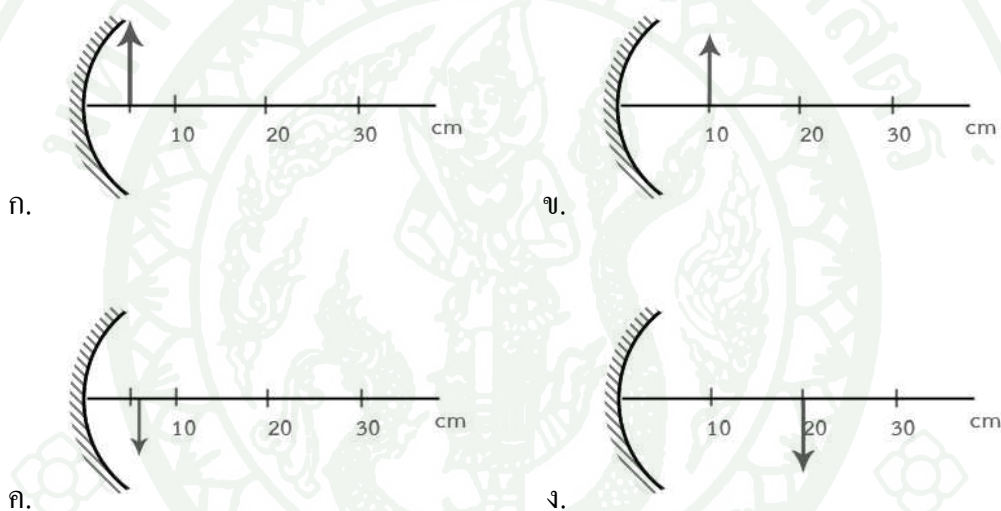
เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพจริง
- 2) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพเสมือน
- 3) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวตั้งเสมอ
- 4) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวกลับเสมอ
- 5) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะเป็นภาพหัวตั้งหรือภาพหัวกลับก็ได้ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ
- 6) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีความสูงเท่ากับความสูงของวัตถุ
- 7) ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีความสูงเท่าใดก็ได้ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

5. นำวัตถุ O วางไว้หน้ากระจกเว้า ซึ่งมีระยะโฟกัส 5 เซนติเมตร



ข้อใดเป็นตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุ O



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) ภาพที่เกิดจากกระจกเว้าเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอ
- 2) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริง หัวกลับ ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ
- 3) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริง หัวกลับ ที่มีขนาดเท่าวัตถุ
- 4) ภาพที่เกิดเป็นภาพจริง หัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
- 5) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 6.67 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก
- 6) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 10 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก
- 7) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 20 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

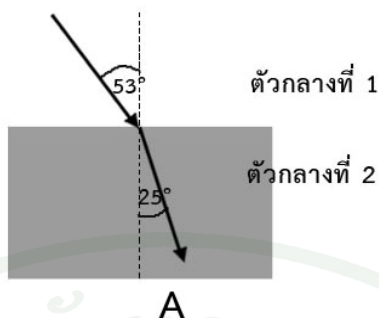
6. กระจกนูนมีความยาวโฟกัส 6 เซนติเมตร ถ้าวางวัตถุห่างจากกระจกเป็นระยะ 3 เซนติเมตร จะเกิดภาพชนิดใด ขนาดเท่าใด และเกิดภาพที่ตำแหน่งใด

- ก. ภาพจริง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส
- ข. ภาพจริง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส
- ค. ภาพเสมือน ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส
- ง. ภาพเสมือน ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ที่ตำแหน่งระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

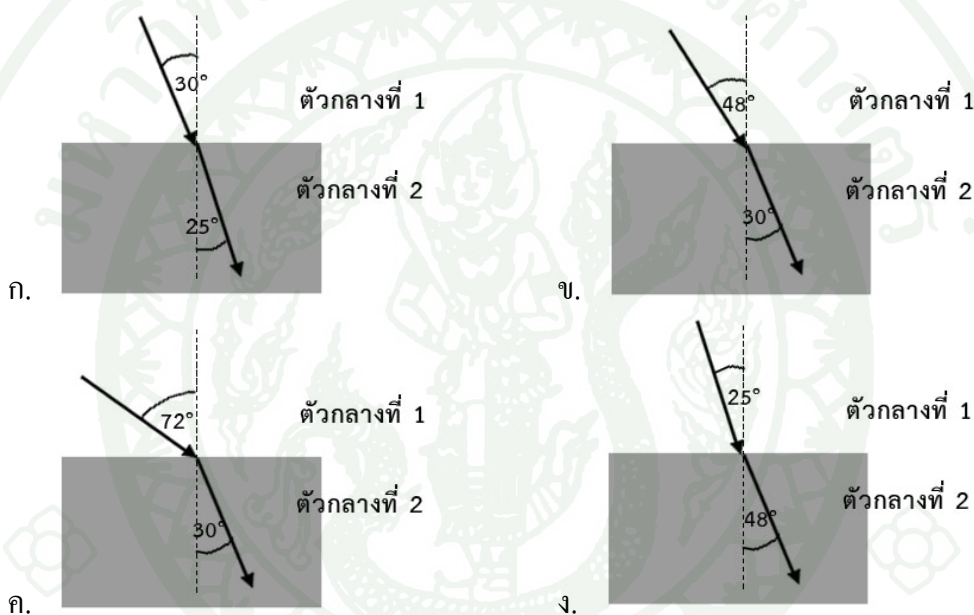
- 1) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพจริงหัวกลับ ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ
- 2) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพจริงหัวกลับ ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ
- 3) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ
- 4) ภาพที่เกิดจากกระจกนูนจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอไม่ว่าจะวางวัตถุที่ระยะใดๆ
- 5) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 2 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก
- 6) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 2.4 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก
- 7) ภาพที่เกิดจะเกิดที่ระยะ 6 เซนติเมตร เมื่อวัดจากกระจก
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

7. แสงเดินทางจากตัวกลางที่ 1 ไปสู่ตัวกลางที่ 2 ดังรูป A



A

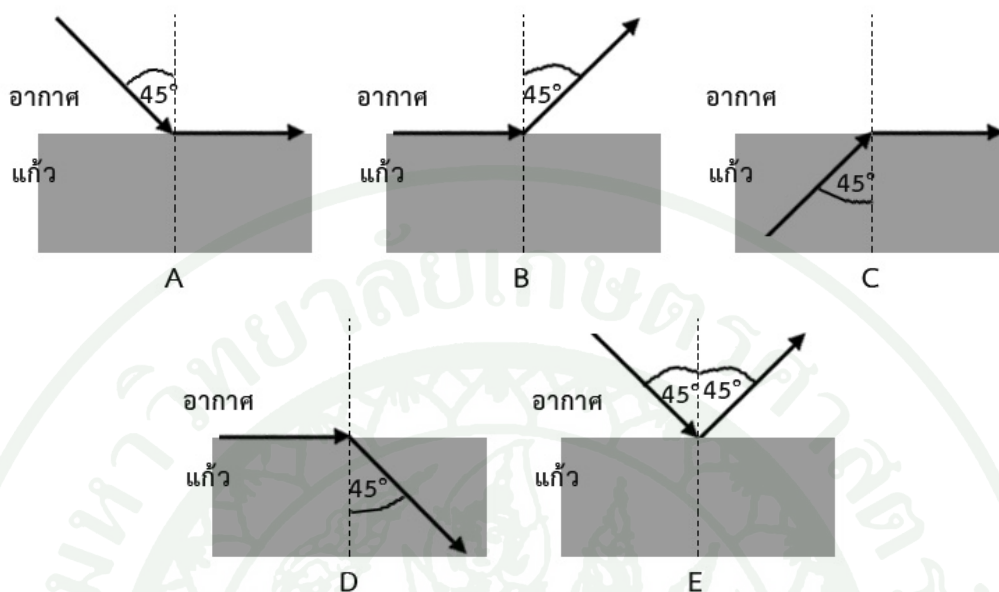
ข้อใดแสดงการหักเหของแสงที่เกิดในตัวกลางเดียวกันกับรูป A ($\sin 25^\circ = 0.42$, $\sin 30^\circ = 0.50$, $\sin 48^\circ = 0.74$, $\sin 53^\circ = 0.80$, $\sin 60^\circ = 0.87$, $\sin 72^\circ = 0.95$)



เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
- 2) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติเสมอ
- 3) ตามกฎการหักเหของแสง คือ รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติเสมอ
- 4) ตามกฎการหักเหของแสง คือ สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัวเสมอ
- 5) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่ามากกว่ามุมหักเหเสมอ
- 6) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมตกกระทบจะมีค่าน้อยกว่ามุมหักเหเสมอ
- 7) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ มุมหักเหจะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่ามุมตกกระทบจะมีค่าใดๆ
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

8. จากรูป ข้อใดแสดงเกี่ยวกับมุมวิกฤตได้ถูกต้อง ถ้ามุมวิกฤตของแก้วเท่ากับ 45° องศา

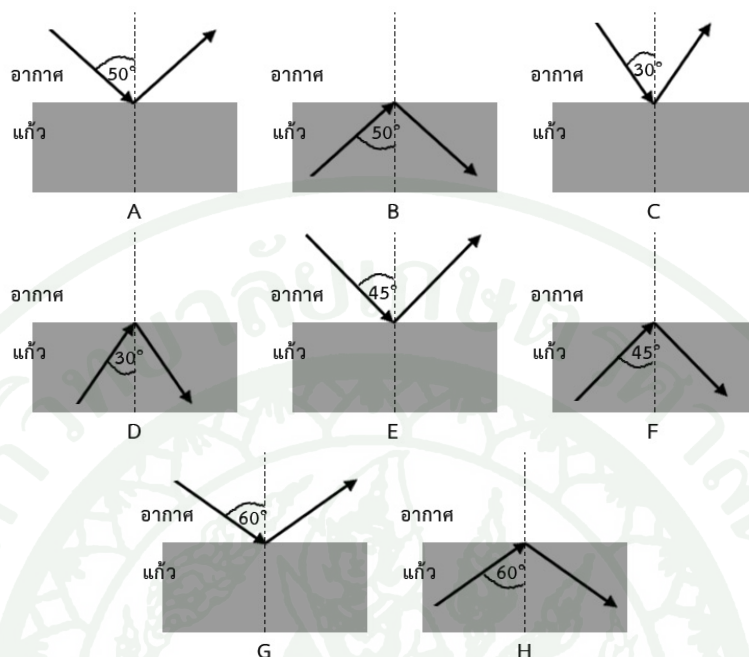


- ก. C เท่านั้น
ข. E เท่านั้น
ค. A และ C
ง. B และ D

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบ
- 2) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 0° องศา
- 3) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 45° องศา
- 4) มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90° องศา
- 5) มุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหผ่านเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า
- 6) มุมวิกฤตเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหผ่านเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยกว่า
- 7) มุมวิกฤตเกิดขึ้นจากการหักเหของแสง เมื่อเดินทางจากตัวหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงค่าดัชนีหักเห
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

9. แสงเดินทางผ่านอากาศและแก้ว จากรูป ข้อใดแสดงเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดของแสงได้ถูกต้อง ถ้ามุมวิกฤตของแก้วเท่ากับ 45° องศา

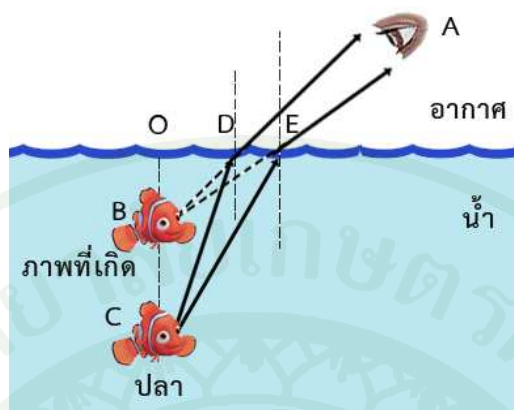


- ก. B และ H
ข. E และ F
ค. A, B, G และ H
ง. C, D, E และ F

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมวิกฤต
- 2) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่าน้อยกว่ามุมวิกฤต
- 3) การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต
- 4) การสะท้อนกลับหมด เกิดจากการเดินทางของแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห
มากไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำกว่า
- 5) การสะท้อนกลับหมด เกิดจากการเดินทางของแสงจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห
น้อยไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่า
- 6) การสะท้อนกลับหมด เป็นปรากฏการณ์ที่รังสีของแสงไม่หักเหเข้าไปในตัวกลางที่มีค่า
ดัชนีหักเหต่ำกว่า
- 7) การสะท้อนกลับหมด เป็นปรากฏการณ์ที่รังสีของแสงไม่หักเหเข้าไปในตัวกลางที่มีค่า
ดัชนีหักเหมากกว่า
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

10. ผู้สังเกตมองปลาที่อยู่ในน้ำ ดังรูป



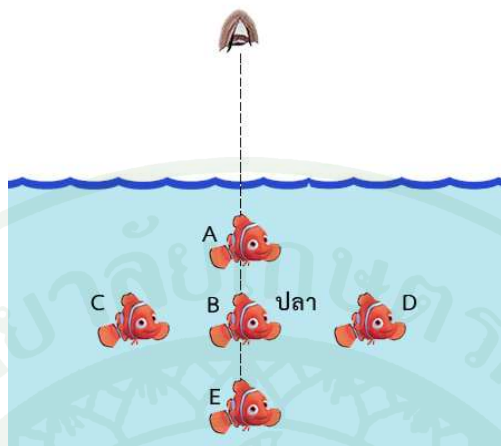
ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความลึกจริงและความลึกปรากฏ

- ก. ระยะ AC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ AB เรียกว่า ความลึกปรากฏ
- ข. ระยะ EC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ DB เรียกว่า ความลึกปรากฏ
- ค. ระยะ OC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ OB เรียกว่า ความลึกปรากฏ
- ง. ระยะ OC เรียกว่า ความลึกจริง และระยะ BC เรียกว่า ความลึกปรากฏ

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) ความลึกจริง เป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 2) ความลึกจริง เป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผิวตัวกลางถึงวัตถุตามแนวตั้ง
- 3) ความลึกจริง เป็นระยะจริงของวัตถุ วัดจากผู้สังเกตถึงวัตถุตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 4) ความลึกปรากฏ เป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพ ตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 5) ความลึกปรากฏ เป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผิวตัวกลางไปยังภาพ ตามแนวตั้ง
- 6) ความลึกปรากฏ เป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากผู้สังเกตไปยังภาพ ตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 7) ความลึกปรากฏ เป็นระยะของภาพที่เกิดขึ้น วัดจากวัตถุไปยังภาพตามแนวตั้ง
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

11. ปลาตัวหนึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง B ดังรูป ผู้สังเกตมองปลาที่อยู่ในน้ำในแนวตั้งตรงตัวปลา จะเห็นภาพปลาอยู่ที่ตำแหน่งใด

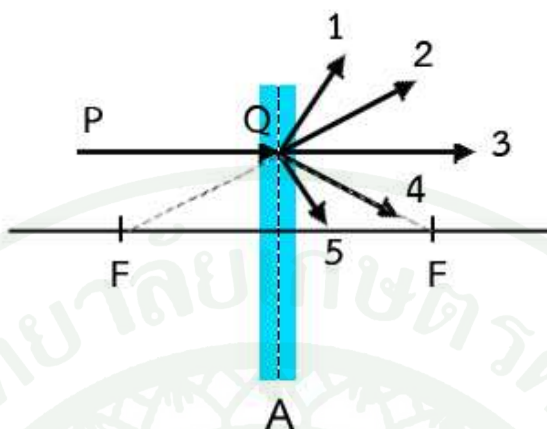


- ก. ตำแหน่ง B
- ข. ตำแหน่ง A
- ค. ตำแหน่ง E
- ง. ตำแหน่ง C หรือ D

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) แสงเกิดการหักเห เนื่องจากคลื่นที่ผ่านตัวกลางที่ต่างกันทำให้เห็นภาพที่ระดับความลึกเท่าเดิม แต่มีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม
- 2) แสงคลื่นที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ
- 3) แสงคลื่นที่จากอากาศไปตกกระทบผิวน้ำทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ
- 4) แสงคลื่นที่จากน้ำไปหาอากาศทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ
- 5) แสงคลื่นที่จากน้ำไปหาอากาศทำให้เกิดการหักเห โดยแนวรังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ
- 6) ภาพที่เห็นจะอยู่ลึกกว่าตำแหน่งวัตถุ
- 7) ภาพที่เห็นจะอยู่ตื้นกว่าตำแหน่งวัตถุ
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

12. จากรูป ถ้า PQ เป็นรังสีที่ตกกระทบบเลนส์บาง รังสีหักเหควรจะเป็นรังสีใด

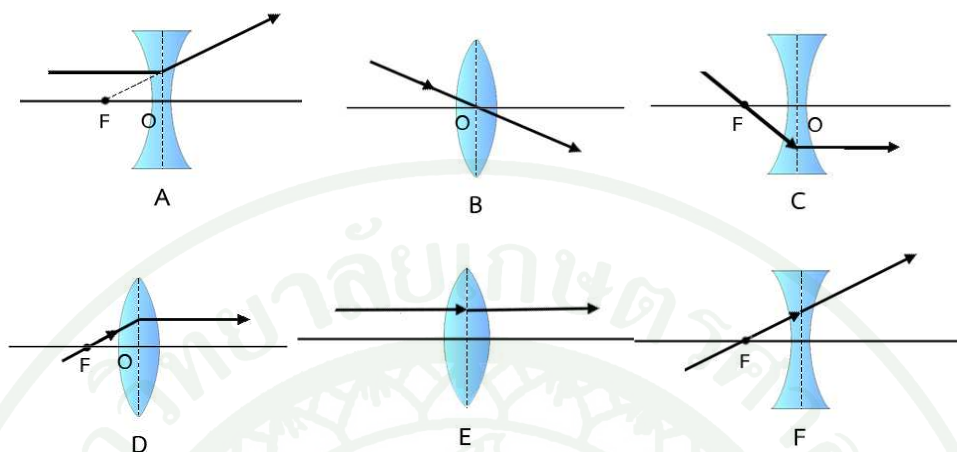


	A เป็นเลนส์นูน	A เป็นเลนส์เว้า
ก.	2 เท่านั้น	4 เท่านั้น
ข.	1 หรือ 2 หรือ 3 ก็ได้	3 หรือ 4 หรือ 5 ก็ได้
ค.	4 เท่านั้น	2 เท่านั้น
ง.	3 หรือ 4 หรือ 5 ก็ได้	1 หรือ 2 หรือ 3 ก็ได้

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) เลนส์นูนจะกระจายแสง ส่วนเลนส์เว้าจะรวมแสง
- 2) เลนส์นูนจะรวมแสง ส่วนเลนส์เว้าจะกระจายแสง
- 3) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบเลนส์นูน จะทำให้รังสีเบนเข้าหากัน และไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง
- 4) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบเลนส์เว้า จะทำให้รังสีเบนเข้าหากัน และไปตัดกันที่จุดโฟกัสจริง
- 5) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบเลนส์นูน จะทำให้รังสีเบนออกจากกัน และถ้าต่อแนวรังสีจะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน
- 6) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบเลนส์เว้า จะทำให้รังสีเบนออกจากกัน และถ้าต่อแนวรังสีจะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน
- 7) เมื่อรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญตกกระทบบเลนส์ รังสีของแสงอาจไม่เกิดการหักเหก็ได้
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

13. จากรูป ข้อใดแสดงทางเดินของแสงผ่านเลนส์ได้ถูกต้อง



- ก. A, B และ D
 ข. B, C, D และ E
 ค. A, C, D, E และ F
 ง. A, B, C, E และ F

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญเมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัส
- 2) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญเมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม
- 3) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์ จะไม่เกิดการหักเห
- 4) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดศูนย์กลางเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม
- 5) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ รังสีหักเหจะขนานกับเส้นแกนमुखสำคัญของเลนส์
- 6) รังสีของแสงที่ตกกระทบผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ รังสีหักเหจะผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม
- 7) รังสีของแสงที่ขนานกับแกนमुखสำคัญเมื่อตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหจะตัดกับจุดโฟกัสจริงเท่านั้น ไม่มีรังสีหักเหที่ตัดกับจุดโฟกัสเสมือน
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

14. ในการทดลองการเกิดภาพของเลนส์นูน ถ้าให้ S แทนระยะที่วัตถุอยู่ห่างจากเลนส์ จะพบว่า

ถ้าวัตถุ S ได้ 20 เซนติเมตร จะได้ภาพเสมือน ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

ถ้าวัตถุ S ได้ 30 เซนติเมตร จะได้ภาพจริง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

ถ้าวัตถุ S ได้ 40 เซนติเมตร จะได้ภาพจริง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

ถ้าวัตถุ S ได้ 50 เซนติเมตร จะได้ภาพจริง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ จะสรุปได้ว่าความยาวโฟกัสของเลนส์นูนมีค่าเท่าใด

ก. น้อยกว่า 20 เซนติเมตร

ข. มากกว่า 30 เซนติเมตร

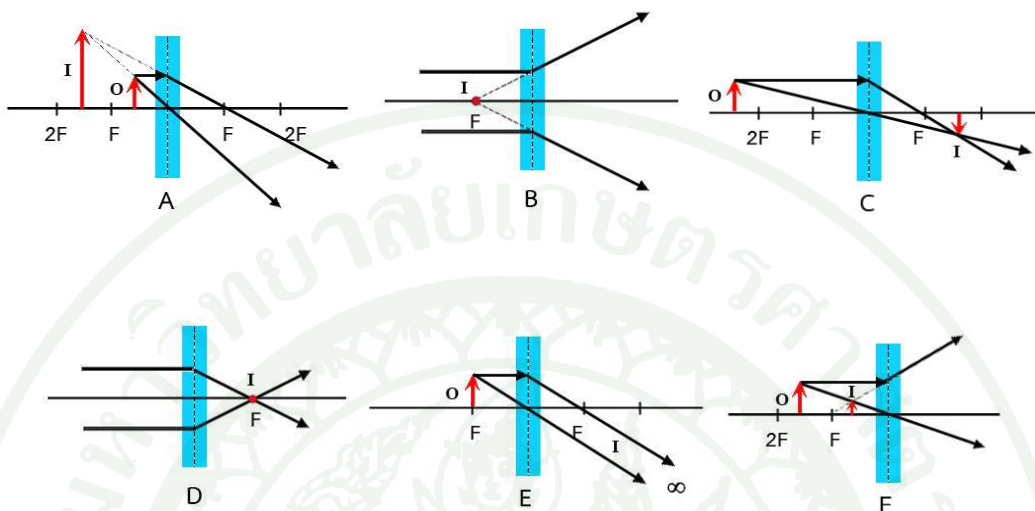
ค. มากกว่า 20 เซนติเมตร แต่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร

ง. มากกว่า 30 เซนติเมตร แต่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้ เพราะ

- 1) ถ้าวัตถุอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์นูนจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
- 2) ถ้าวัตถุอยู่ห่างมากกว่าจุดศูนย์กลางของเลนส์นูน แต่ไม่ถึงระยะอนันต์จะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
- 3) ถ้าวัตถุอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์นูนจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
- 4) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางของเลนส์นูนและจุดโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
- 5) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางของเลนส์นูนและจุดโฟกัสจะเกิดภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย
- 6) ถ้าวัตถุอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์นูนจะเกิดภาพเสมือน ขนาดขยาย
- 7) ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างจุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของเลนส์นูนจะพบว่ารังสีที่ผ่านเลนส์มีการเบนออกและเมื่อเราต่อแนวรังสีที่หักเหผ่านเลนส์ จะเกิดภาพเสมือนขนาดขยายหัวตั้ง ด้านหน้าเลนส์
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....

15. พิจารณาภาพของวัตถุที่เกิดจากเลนส์ A, B, C และ D เลนส์ในข้อใดบ้างที่เป็นเลนส์เว้า เมื่อกำหนดให้ O แทน วัตถุ และ I แทน ภาพของวัตถุ



- ก. A และ E
ข. B และ F
ค. A, B และ F
ง. C, D และ E

เหตุผลที่เลือกคำตอบนี้เพราะ

- 1) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งที่ไกลมากหรือระยะอนันต์จะได้ภาพเสมือน มีขนาดเป็นจุดที่จุดโฟกัสหน้าเลนส์เว้า
- 2) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งที่ไกลมากหรือระยะอนันต์จะได้ภาพเสมือน มีขนาดเป็นจุดที่จุดโฟกัสหลังเลนส์เว้า
- 3) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพภาพจริงหัวกลับ ขนาดย่อ
- 4) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพภาพจริงหัวกลับ ขนาดขยาย
- 5) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ
- 6) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
- 7) ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะใดๆ จะเกิดภาพที่ระยะอนันต์
- 8) เหตุผลอื่นๆ.....



แบบวัดการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในแต่ละข้อตามความรู้ความเข้าใจของนักเรียน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบอย่างละเอียด ใช้เวลา 60 นาที

ตอนที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

สถานการณ์ที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 1 - 2

ในระหว่างที่ยานอวกาศพอลโล-11 จอดอยู่บนดวงจันทร์แผ่นสะท้อนที่ติดตั้งบนยานอวกาศนี้จะตั้งฉากกับพื้นผิวดวงจันทร์พอดี ถ้าลำแสงเลเซอร์ซึ่งยิงจากสถานีทดลองบนโลกไปยังแผ่นสะท้อน และสะท้อนกลับมาใช้เวลาเดินทางทั้งหมด 2.51 วินาที

1. จากวิธีการดังกล่าวนักเรียนคิดว่าแสงเลเซอร์ซึ่งยิงจากสถานีทดลองบนโลก สามารถเดินทางไปยังแผ่นสะท้อนที่ติดตั้งบนยานอวกาศพอลโล-11 ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

เหตุผลเพราะ.....

2. ถ้ามีสถานีทดลองบนโลกอีกสถานีหนึ่งซึ่งตั้งอยู่คนละซีกโลกกับสถานีทดลองแรก ต้องการวัดอัตราเร็วของแสงด้วยวิธีการเดียวกันนี้ นักเรียนคิดว่าสถานีทดลองทั้งสองแห่งจะวัดอัตราเร็วแสงได้เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

เหตุผลเพราะ.....

ตอนที่ 2 เรื่องการสะท้อนของแสง

สถานการณ์ที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 3 - 4

ชายคนหนึ่งเดินเข้าไปซื้อของในซูเปอร์มาร์เก็ตแห่งหนึ่ง ขณะที่เดินผ่านกระจกบานหนึ่ง ที่ติดไว้ในร้าน ภาพใบหน้าของเขามีลักษณะเป็นภาพหัวตั้ง มีขนาดเล็กกว่าใบหน้าจริง

3. กระจกบานนี้เป็นกระจกชนิดใด เพราะเหตุใด

เหตุผลเพราะ.....

4. ถ้าชายคนนี้เดินเข้าหากระจกเรื่อยๆ ภาพของเขาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด

เหตุผลเพราะ.....

สถานการณ์ที่ 3 ใช้ตอบคำถามข้อ 5 - 6

กระจกโค้งบานหนึ่งทำให้เกิดภาพดวงอาทิตย์ห่างจากกระจกเป็นระยะ 0.80 เมตร ชายคนหนึ่งยืนอยู่ริมฝั่งแม่น้ำ ใช้กระจกบานดังกล่าวส่องต้นไม้ที่อยู่ฝั่งตรงข้ามแม่น้ำ ทำให้เกิดภาพต้นไม้เป็นภาพหัวกลับ สูง 0.10 เมตร และภาพอยู่หน้ากระจกเป็นระยะ 0.81 เมตร

5. กระจกที่ชายคนนี้ใช้เป็นกระจกชนิดใด เพราะเหตุใด

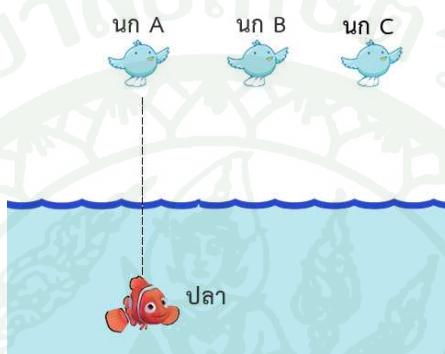
เหตุผลเพราะ.....

6. จงแสดงวิธีการหาว่าต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าใด

ตอนที่ 3 เรื่องการหักเหของแสง

สถานการณ์ที่ 4 ใช้ตอบคำถามข้อ 7 - 8

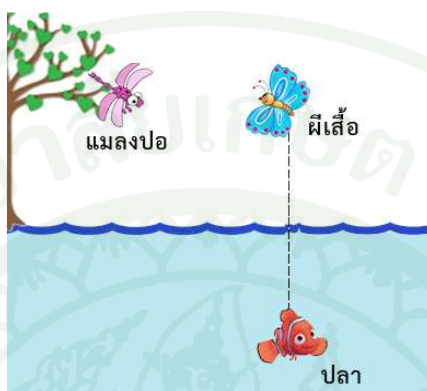
ปลาตัวหนึ่งว่ายอยู่ในน้ำตรงกับตำแหน่งของนก A ในแนวตั้งพอดี ขณะนั้น นก A, B และ C จำนวน 3 ตัว กำลังบินอยู่เหนือผิวน้ำ 15 เมตร



7. นกตัวใดจะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เพราะเหตุใด นก.....จะมองเห็นปลาอยู่ไกลจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ
8. ปลาจะมองเห็นนกตัวใดอยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เพราะเหตุใด ปลาจะมองเห็นนก.....อยู่สูงจากผิวน้ำมากที่สุด เหตุผลเพราะ

สถานการณ์ที่ 5 ใช้ตอบคำถามข้อ 9 - 10

ปลาตัวหนึ่งว่ายอยู่ในน้ำ ในขณะที่นั้นมีผีเสื้อบินอยู่เหนือปลาในแนวตั้ง และแมลงปอเกาะอยู่ที่กิ่งไม้ โดยทั้งผีเสื้อและแมลงปออยู่สูงจากผิวน้ำเท่ากัน ดังรูป



9. แมลงปอและผีเสื้อจะมองเห็นปลาอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

10. ปลาจะมองเห็นผีเสื้อและแมลงปอมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 4 เรื่องเลนส์บาง

สถานการณ์ที่ 6 ใช้ตอบคำถามข้อ 11 - 12

ตารางแสดงขนาดภาพที่เกิดจากเลนส์ชนิดต่างๆ

เลนส์	ความยาวโฟกัส (ซม.)	ระยะวัตถุ (ซม.)	ขนาดของภาพ
อันที่ 1	10	8	ใหญ่กว่าวัตถุ
อันที่ 2	15	30	เท่าวัตถุ
อันที่ 3	20	20	เล็กกว่าวัตถุ

11. เลนส์ใดบ้างที่เป็นเลนส์นูน เพราะเหตุใด

เหตุผลเพราะ

12. นาย ก ต้องการดูลายมือโดยใช้แว่นขยาย นาย ก จะใช้เลนส์อันที่ 1 แทนแว่นขยายได้หรือไม่ และจะต้องถือเลนส์ห่างจากมือเป็นระยะทางเท่าใด เพราะเหตุใด

เหตุผลเพราะ

สถานการณ์ที่ 7 ใช้ตอบคำถามข้อ 13 - 14

ตารางแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการมองเห็นภาพของผู้ชาย 4 คน

นาย	ระยะใกล้สุดที่มองเห็น ได้ชัดเจน (ซม.)	ระยะไกลสุดที่มองเห็น ได้ชัดเจน (ซม.)
นาย A	5	250
นาย B	25	ระยะอนันต์
นาย C	90	ระยะอนันต์
นาย D	25	600

13. ชายคนใดบ้างที่มีสายตาสั้น และควรแก้ไขโดยใช้แว่นตาที่มีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด
ชายที่มีสายตาสั้น คือ ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตาที่ทำจากเลนส์

.....

เหตุผลเพราะ

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

14. นาย C มีความผิดปกติทางสายตาแบบใด และควรแก้ไขโดยใช้แว่นตาที่ทำจากเลนส์ชนิดใด
และมีความยาวโฟกัสเท่าใด เพราะเหตุใด

นาย C มีความผิดปกติทางสายตาแบบ ควรแก้ไขโดยการใส่แว่นตา
ที่ทำจากเลนส์ และมีความยาวโฟกัส เซนติเมตร

เหตุผลเพราะ

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

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล

นางสาวกุลธิดา สุวัชรกุลธร

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2527

สถานที่เกิด

กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์)

เกียรตินิยม อันดับ 2 มหาวิทยาลัยมหิดล

ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาชีพครู

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน

ครู คศ.1

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร

จังหวัดระยอง

สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา

มัธยมศึกษา เขต 18