



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนามโนคติเกี่ยวกับ การสะท้อน
และการหักเหของแสง สำหรับครูวิทยาศาสตร์
ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

โดย อ.ดร.กริธา แก้วคง

พฤษภาคม 2559

สัญญาเลขที่ 5780191

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนามโนมติเกี่ยวกับ การสะท้อน
และการหักเหของแสง สำหรับครูวิทยาศาสตร์
ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ผู้วิจัย อ.ดร.กริธา แก้วคง

สังกัด

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

คำหลัก: การสะท้อนและการหักเหของแสง / การพัฒนามโนติของครู / การสืบเสาะหาความรู้

Abstract

Project Code: 5780191
Project Title: Conceptual development regarding reflection and refraction of light for In Service Science Teachers under the Office of the Basic Education Commission
Investigator: Dr. Kreetha Kaewkhong, Faculty of Education, Chiang Mai University
E-mail Address: kreetha.ka@cmu.ac.th
Project Period: 2 year

Science and technology are seen as a basic but important knowledge for developing our country in the rapid change of a very competitive economic world in this era. Therefore, science contents are included in the National Basic Science Curriculum, which can be grouped into 8 content areas including: living things and living processes; life and environment; matters and properties; forces and motion; energy; processes that shape the earth; astronomy and space; and nature of science and technology. Teaching style and science knowledge of teachers have the most effect to learning attitude and forming science concepts of students. From the previous researches, Thai science teachers, are considered to lack the understanding in science concepts. Investigating teachers' science concepts in a local area, about light phenomena, reveal that the teachers need to be developed science concepts and guided how to teach.

This study aims to develop the basic science concepts regarding reflection and refraction of light based on an inquiry method, for In Service Science Teachers under the Office of the Basic Education Commission. Firstly, teachers' concepts are investigated using light reflection and refraction conceptual evaluation (LRRCE). Then, they are trained and developed their concepts by doing a simply experiment set. Finally, the teachers' learning improvement is determined. In follow up phase, some teachers are determined teaching practices in their classrooms using multi method evaluation for case study.

Key words: Reflection and refraction of light/ Teachers' conceptual development/Inquiry method

Executive Summary

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ได้ร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการจัดอบรมครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนท้องถิ่นทั่วทั้งจังหวัดตาก และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานจังหวัดพะเยาในการอบรมกลยุทธ์การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและโครงการบ้านนักวิทยาศาสตร์น้อย อีกทั้งสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานจังหวัดลำพูนในโครงการยกระดับการพัฒนาคุณภาพครูทั้งระบบตามแนว Browser in Service โดยใช้กระบวนการสร้างระบบพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring) ให้แก่ครูประจำการที่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ข้อมูลย้อนกลับที่ผู้วิจัยได้รับก่อนการอบรมคือ พวกเขาไม่สามารถนำความรู้จากการอบรมที่ผ่านมาไปประยุกต์ใช้กับการสอนจริงในห้องเรียนได้ ทั้งที่มีการอบรมกลวิธีการสอนวิทยาศาสตร์อยู่บ่อย ๆ เพราะพวกเขาไม่ได้จบวิทยาศาสตร์โดยตรงจึงทำให้ขาดความมั่นใจในโมโนมิติของเนื้อหาสาระที่จะสอน นอกจากนี้ครูยังมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอน กล่าวคือ หากสื่อที่กระทรวงศึกษาธิการมอบให้โรงเรียนเกิดการชำรุด ครูส่วนใหญ่ไม่สามารถซ่อมแซมหรือนำวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาสร้างสื่อที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทดแทนได้ เนื่องจากขาดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างถ่องแท้ ครูบางท่านอ้างว่าเนื้อหาสาระเกี่ยวกับแสงเป็นสิ่งที่ยากต่อการเข้าใจเพราะเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ ในการอบรมเมื่อมีการตรวจสอบความเข้าใจของครูที่เข้ารับการอบรมโดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับแสงก่อนอบรม ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าครูส่วนใหญ่ยังมีโมโนมิติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของแสง แม้ว่าครูส่วนใหญ่จะมีความเข้าใจมากขึ้นเมื่อได้รับการอบรม แต่ยังมีครูอีกจำนวนไม่น้อยที่ยังคงสับสนในโมโนมิติเกี่ยวกับแสง นอกจากนี้ครูยังมีความกังวลหากต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากการอบรมไปประยุกต์ใช้ในการสอนจริง ทั้งที่เห็นตรงกันว่าหากทำได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนอย่างยิ่ง

จากข้อมูลข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน เพื่อทำให้เกิดการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแสงของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานอย่างลึกซึ้ง โดยเลือกเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญที่นำไปใช้ต่อยอดองค์ความรู้เกี่ยวกับแสงในหัวข้อต่าง ๆ ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ผู้รับการอบรมสามารถเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแสงที่เข้าใจได้ง่าย เป็นรูปธรรมและไม่ซับซ้อน เพื่อทดสอบสมมติฐานซึ่งทำนายไว้ตั้งแต่แรกของกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) โดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจากวัสดุซึ่งหาได้ง่ายในท้องถิ่นและสามารถนำผลการทดลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนจริง หลังจากสิ้นสุดการอบรมจะมีระบบติดตามการสอนของครูเพื่อแนะนำและช่วยเหลือครูอย่างใกล้ชิด ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจต่อวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงและนำความรู้ไปใช้อย่างในชีวิตประจำวันอย่างมีเหตุผล อันจะเสริมสร้างให้ผู้เรียนมี

ทัศนคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์และการแสวงหาความรู้อย่างยั่งยืน งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปขยายผลตามสถานศึกษาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นการสนับสนุนและเปิดโอกาสในการสร้างนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาขึ้นด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษานิยาม (Concepts) เกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง ของครูที่สอนวิชากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูนเขต 1 และ เขต 2 ก่อนและหลังกระบวนการพัฒนานิยาม
2. เพื่อพัฒนานิยามในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสงของครูสังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูนเขต 1 และ เขต 2 ที่สอนวิชากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการด้วยชุดสาธิต

3. ระเบียบวิธีวิจัย

1. สํารวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งด้านการสอน การพัฒนานิยาม ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสง
2. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลนิยาม ของครูอาสาสมัครจากแบบประเมินนิยามเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง (LRRCE)
3. พัฒนาชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วย คู่มือการพัฒนานิยาม ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสง และ ชุดสาธิต
4. ประเมินชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหา ศาสตร์การสอน การวัด ชุดสาธิตและประเมินผล เพื่อพัฒนาและปรับปรุง
5. จัดอบรมการพัฒนานิยามในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสง โดยใช้ชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นให้แก่ครูในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาลำพูน เขต 1 และ เขต 2
6. การติดตามผลการพัฒนานิยามในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสงที่ได้จากการอบรมเชิงปฏิบัติซึ่งนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน
7. ปรับปรุงชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจริง และเผยแพร่ต่อไป

เนื้อหาทางวิจัย

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การก้าวสู่ประชาคมอาเซียนท่ามกลางสังคมที่เต็มไปด้วยการแข่งขันทางเศรษฐกิจอย่างเสรี การปฏิวัติของระบบดิจิทัลและการสื่อสารที่สามารถติดต่อได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องผลิตทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสังคมในยุคศตวรรษที่ 21 การปฏิรูปการศึกษาถือเป็นปัจจัยผลักดันสำคัญในการพัฒนาสังคมและการผลิตทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสังคมและประเทศชาติ ระบบการศึกษาควรมีการปฏิรูปเพื่อให้มีศักยภาพในการส่งเสริมให้ผู้เรียนทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการ คิด วิเคราะห์ แก้ปัญหา แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีนิสัยรักการเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อทำให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ที่ยั่งยืน การที่ประชาชนมีพื้นฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างถูกต้องและพอเพียงถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่ทำให้เกิดสังคมที่มีคุณภาพและการพัฒนาประเทศให้ยั่งยืน

หากพิจารณาจากสถานการณ์ของวิทยาศาสตร์ศึกษาจากรายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทยครั้งล่าสุด(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ , 2544) พบว่ามีปัญหาอยู่ 6 ประเด็น ได้แก่หลักสูตร การจัดการเรียนการสอน ครู สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยที่ หลักสูตรยังมีปัญหาในเรื่องการขาดความเชื่อมโยงระหว่างระดับการศึกษาและชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่ยังเน้นวิธีการอธิบาย ครูมีปัญหาทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ สื่อการเรียนรู้ขาดคุณภาพ โดยเฉพาะแหล่งการเรียนรู้นอกโรงเรียนมีค่อนข้างจำกัด การวัดและประเมินผลส่วนใหญ่เน้นที่ความรู้ความจำส่วนการประเมินตามสภาพจริงที่มีการสังเกต ทดลองนั้นอยู่ในวงจำกัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ประเทศไทยถูกจัดลำดับของคุณภาพการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดย เวิลด์อีโคโนมิกฟอรัม (World Economic Forum : WEF) ให้อยู่ในลำดับที่ 5 ของประเทศทั้งหมดในอาเซียน (สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน, 2556) จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) อ้างว่า“ครู คณาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา” เป็นกลุ่มบุคคลที่มีความสำคัญในการผลักดันให้เกิดความสำเร็จในการปฏิรูปการศึกษา กระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนอย่างยิ่ง หากครูมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาสาระที่สอน จะก่อให้เกิดผลเสียต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะเนื้อหาสาระการเรียนรู้ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการเรียนรู้เพื่อต่อยอดการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น การพัฒนามโนคติและกระบวนการสอนของครูเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวิธีคิดและการเรียนรู้ที่จะส่งผ่านไปยังผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการพัฒนาครูในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยมีหลายสาเหตุ เช่น การขาดแคลนครูในสาขาวิชาเฉพาะและมักใช้วิธีให้ครูไม่ตรงวุฒิไปสอนแทน ปัญหาจำนวนครูต่อนักเรียนเนื่องจากชั้นเรียนใหญ่เกินไปแต่ครูมีจำนวนน้อย ทำให้ครูดูแลนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง

ปัญหารับผิดชอบภาระการสอนและกิจกรรมอื่นต่อสัปดาห์มาก ปัญหาการขาดแคลนครู วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในถิ่นทุรกันดารซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก การมีครูที่สอนไม่ตรง วุฒิเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ปัญหาการไม่มีระบบการบริการจัดการและการนิเทศติดตามผลและให้ ข้อมูลย้อนกลับซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการช่วยเหลือครูให้เกิดการพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้ครูสอนได้อย่างไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ได้ร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการจัดอบรมครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ท้องถิ่นทุรกันดารในจังหวัดตาก และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานจังหวัดพะเยาในการอบรมกลยุทธ์การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและโครงการบ้านนักวิทยาศาสตร์น้อย อีกทั้งสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานจังหวัดลำพูนในโครงการยกระดับการพัฒนาคุณภาพครูทั้งระบบตามแนว Browser in Service โดยใช้กระบวนการสร้างระบบพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring) ให้แก่ครูประจำการที่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ข้อมูลย้อนกลับที่ผู้วิจัยได้รับก่อนการอบรมคือ พวกเขาไม่สามารถนำความรู้จากการอบรมที่ผ่านมาไปประยุกต์ใช้กับการสอนจริงในห้องเรียนได้ ทั้ง ๆ ที่มีการอบรมกลวิธีการสอนวิทยาศาสตร์อยู่บ่อย ๆ เพราะพวกเขาไม่ได้จบวิทยาศาสตร์โดยตรงจึงทำให้ขาดความมั่นใจในโมติขของเนื้อหาสาระที่จะสอน นอกจากนี้ครูยังมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอน กล่าวคือ หากสื่อที่กระทรวงศึกษาธิการมอบให้โรงเรียนเกิดการชำรุด ครูส่วนใหญ่ไม่สามารถซ่อมแซมหรือนำวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาสร้างสื่อที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทดแทนได้ เนื่องจากขาดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างถ่องแท้ ครูบางท่านอ้างว่าเนื้อหาสาระเกี่ยวกับแสงเป็นสิ่งที่ยากต่อการเข้าใจเพราะเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ ในการอบรมเมื่อมีการตรวจสอบความเข้าใจของครูที่เข้ารับการอบรมโดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับแสงก่อนอบรม ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าครูส่วนใหญ่ยังมีโมติขที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของแสง แม้ว่าครูส่วนใหญ่จะมีความเข้าใจมากขึ้นเมื่อได้รับการอบรม แต่ยังมีครูอีกจำนวนไม่น้อยที่ยังคงสับสนในโมติขเกี่ยวกับแสง นอกจากนี้ครูยังมีความกังวลหากต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากการอบรมไปประยุกต์ใช้ในการสอนจริง ทั้ง ๆ ที่เห็นตรงกันว่าหากทำได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนอย่างยิ่ง

จากข้อมูลข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน เพื่อทำให้เกิดการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแสงของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานอย่างลึกซึ้ง โดยเลือกเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญที่นำไปใช้ต่อยอดองค์ความรู้เกี่ยวกับแสงในหัวข้อต่าง ๆ ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ผู้รับการอบรมสามารถเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแสงที่เข้าใจได้ง่าย เป็นรูปธรรมและไม่ซับซ้อน เพื่อทดสอบสมมติฐานซึ่งทำนายไว้ตั้งแต่แรกของกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) โดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจากวัสดุซึ่งหาได้ง่ายในท้องถิ่นและสามารถนำการทดลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนจริง หลังจากสิ้นสุดการอบรมจะมีระบบติดตามการสอนของครู

เพื่อแนะและช่วยเหลือครูอย่างใกล้ชิด ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจต่อวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงและนำความรู้ไปใช้อย่างในชีวิตประจำวันอย่างมีเหตุผล อันจะเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์และการแสวงหาความรู้อย่างยั่งยืน งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปขยายผลตามสถานศึกษาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นการสนับสนุนและเปิดโอกาสในการสร้างนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาขึ้นด้วย

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review)

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกตสำรวจตรวจสอบและการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติและนำผลมาจัดเป็นระบบ ทำให้เกิดเป็นหลักการ แนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนและค้นพบและเกิดประสบการณ์กับตนเองมากที่สุด วิธีการจัดการเรียนการสอนที่สำคัญและสอดคล้องกับลักษณะของการเรียนรู้ธรรมชาติดังกล่าวนี้เรียกว่าวิธีสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) เนื่องจากเป็นวิธีที่พัฒนาทัศนคติและการเรียนรู้ และเอื้อต่อความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อย่างลึกซึ้ง (Diederich, M. E., 1972).และ (Jarrett, D, 1997) ฟูลเลอร์ และ ซิมส์ (Fuller and Sims) เสนอว่าผู้เรียนฟิสิกส์ควรทำความเข้าใจเนื้อหาโดยทำการทดลองมากกว่าเรียนรู้จากเพียงแต่ตำราเท่านั้น การที่ผู้เรียนได้ฝึกและพัฒนาศักยภาพในการวัดและเก็บข้อมูลเป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ในการหาความรู้ด้วยตัวเองมากขึ้น (Fuller, R. G. and Sims, W.L., 1974) นอกจากนี้ แมคเดอร์มอท และคณะ (McDermott and et al., 2000) ยืนยันว่าวิธีการสืบเสาะหาความรู้ เป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการเตรียมครูฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์กายภาพในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาอยู่เป็นประจำไม่ช่วยฝึกความสามารถในการให้เหตุผลแต่อย่างใด ครูควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ธรรมชาติ โดยที่ไม่ใช่เพียงบอกว่ารู้อะไร แต่ต้องนำหลักฐานมาอ้างอิงและให้เหตุผลว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น การสอนโดยใช้วิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีที่ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ธรรมชาติจากการสังเกตและหาคำตอบจากคำถามที่ได้ตั้งไว้ กระบวนดังกล่าวนี้เป็นการแก้ปัญหาเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ที่พยายามศึกษาธรรมชาติรอบ ๆ ตัว แต่ขณะเดียวกันมีเหตุผลหลายประการที่ทำให้ครูวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในการสอนวิทยาศาสตร์ ในชั้นเรียนจริงกล่าวคือ ขาดความเข้าใจในกระบวนการ มีเวลาในการสอนจำกัด สื่อและวัสดุอุปกรณ์ขาดแคลน ขาดการสนับสนุนจากองค์กร การเรียนการสอนเน้นการวัดจากผลสัมฤทธิ์มากกว่ากระบวนการเรียนรู้. (McBride, J. W., et al., 2004) จากงานวิจัยข้างต้น วิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างยิ่ง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น มักเป็นการบอกความรู้ให้ผู้เรียนทราบมากกว่าการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทดลอง โดยอ้างว่าเวลาการสอนมีจำกัด การพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับผู้สอนถือเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเตรียมพร้อมบุคลากรในอนาคตที่มีความเชี่ยวชาญในด้านวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 11 (2555-2559) ที่กล่าวว่า “เพื่อให้ประเทศไทยสามารถรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องสร้างและใช้ประโยชน์จากภูมิคุ้มกันประเทศ 5 ประการ ซึ่งในประการที่ 2 (ข้อ 2.3.2) ระบุว่า การพัฒนาประเทศให้อยู่บนฐานความรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัย การวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญสำหรับการพัฒนาประเทศ ในการปรับเปลี่ยนการผลิตจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เงินทุน และแรงงานที่มีผลิตภาพต่ำ ไปสู่การใช้ความรู้และความชำนาญด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ครูเป็นบุคคลสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ครูต้องมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา และการคิดค้นสร้างสรรค์องค์ความรู้ จัดสาระให้เหมาะสมกับผู้เรียน สอดคล้องกับท้องถิ่น เพื่อส่งเสริมการฝึกกระบวนการคิด การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตัวผู้เรียนเองในการต่อสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมเป็นการสร้างตัวแทนใหม่ และสร้างโมเดลของความจริง โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือทางวัฒนธรรม โดยผ่านกิจกรรมทางสังคมผ่านการร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ซึ่งการจัดการเรียนรู้จะต้องยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Fosnot, 1996) การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบนี้เรียกว่า การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม(Constructivism) ซึ่งตระหนักว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความคิดมากกว่าดูดซึมความคิดใหม่ ๆ และนักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายจากประสบการณ์ด้วยตนเอง (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540)

องค์ความรู้เกี่ยวกับแสงถือว่าเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสังคมโลกในอนาคต สำหรับประเทศไทยได้ถูกบรรจุเนื้อหาไว้ในหลักสูตรระดับชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์ในการศึกษาทุก ๆ ระดับตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา องค์ความรู้เกี่ยวกับแสงพื้นฐานสามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับที่สูงขึ้น เช่น การสื่อสาร ดาราศาสตร์ การผลิตพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ การเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น จากการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้วิจัยพบว่า มิใช่เพียงนักเรียนเท่านั้นที่มี ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติของแสง แต่มีครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จำนวนหนึ่งที่มีแนวโน้มของความเข้าใจคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกับนักเรียน (Keawkhong K., 2006) สำหรับการเรียนการสอนเกี่ยวกับสมบัติของแสงในต่างประเทศก็มีปัญหาเช่นเดียวกับการเรียนและการสอนเรื่องในหัวข้อเกี่ยวกับแสงในประเทศไทย (Anderson & Smith, 1986; Andersson & Karrqvist, 1983; Bendall & Galili, 1993; Cummings & Grillo, 2005; Fetherstonhaugh & Treagust, 1992; Galili, 1996; Goldberg & McDermott, 1986; Goldberg & McDermott, 1987; Heywood, 2005; Hubber, 2006; Langley et al., 1997; Ronen & Eylon, 1993; Saxena, 1991, Selley, 1996; Shapiro,

1989; Yalcin et al., 2008, Watts, 1985). เมื่อได้ทำการวิจัยเพิ่มเติม ผู้วิจัยพบว่าความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียนเกี่ยวกับแสงนี้เกิดขึ้นในกลุ่มของนักศึกษาที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Keawkhong K., 2008) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำกับสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบนจำนวน 3 โรงเรียนพบว่าความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติของแสงนี้สามารถจัดเป็นกลุ่มได้อย่างหลากหลาย และมีความแตกต่างกันอย่างน่าประหลาดใจเมื่อเทียบกับผลการวิจัยจากต่างประเทศ ซึ่งแต่ละกรณีสามารถสะท้อนให้เห็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนในอนาคต (Kaewkhong, K., et al., 2009)

ในการวัดมโนคติของผู้เรียนทำให้ทราบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจ หรือคิดต่อ มโนคติต่างๆ อย่างไร ซึ่งสามารถวัดได้หลายวิธี มักนิยมใช้แบบทดสอบวัดมโนคติ (Conceptual test) ซึ่งมีด้วยกันหลายรูปแบบและหลายชนิด ขึ้นอยู่เนื้อหาสาระที่ต้องการวัดมโนคติ เช่น แบบทดสอบวัดมโนคติเกี่ยวกับแรง (Force Concept Inventory) (Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G., 1992) แบบทดสอบวัดมโนคติเกี่ยวกับกลศาสตร์ (Mechanics Baseline Test) (Hestenes, D., Wells, M., 1992) แบบทดสอบวัดมโนคติเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation) (Thornton, R.K. and Sokoloff, D. R., 1997) และแบบทดสอบวัดมโนคติเกี่ยวกับอุณหภูมิ (Temperature Conceptual Evaluation) (Thornton, R. K., & Sokoloff, D. K., 2001) สำหรับการวัดมโนคติเกี่ยวกับแสงนั้นมักใช้ชุดคำถามเป็นเครื่องมือ แต่สำหรับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสงสามารถใช้แบบทดสอบวัดมโนคติที่ชื่อว่า LRRCE: (light reflection and refraction conceptual evaluation) (Kaewkhong, K., et al., 2009) ในการวัดมโนคติของผู้เรียนได้ แบบทดสอบวัดมโนคติเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงนี้ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2551 ซึ่งประกอบด้วยชุดคำถามทั้งหมด 17 คำถาม เป็นตัวเลือก 15 ข้อ และอธิบาย 2 ข้อ ผลของการตอบคำถามของผู้เรียนแต่ละข้อสามารถสะท้อนให้ทราบได้ว่าผู้เรียนมีมโนคติเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลเชิงประจักษ์และเป็นที่น่าเชื่อถือ การสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติมทำให้สามารถได้ข้อมูลย้อนกลับเชิงลึกที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยต่อไป

กล่าวโดยสรุปว่าการมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้งและถ่องแท้ ย่อมเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียนในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคต การจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงในระดับพื้นฐานเพื่อพัฒนามโนคติของผู้สอนในประเทศที่กำลังประสบปัญหาอยู่นั้น เป็นเรื่องที่สำคัญและจำเป็นอย่างเร่งด่วน ซึ่งจะทำให้ผู้สอนตระหนักถึงความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหาอย่างถ่องแท้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษามโนคติ (Concepts) เกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง ของครูที่สอนวิชากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูนเขต 1 และ เขต 2 ก่อนและหลังกระบวนการพัฒนามโนคติ
2. เพื่อพัฒนามโนคติในเนื้อหาเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงของครูสังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูนเขต 1 และ เขต 2 ที่สอนวิชากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการด้วยชุดสาธิต

วิธีทดลอง

1. สืบเสาะเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งด้านการสอน การพัฒนามโนคติ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสงซึ่งทั้งหมดได้กล่าวไว้แล้วในส่วนของ **literature review** เมื่อพิจารณาจากหลักสูตรแกนกลางกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์แล้ว สามารถจัดกลุ่มเนื้อหาของการสะท้อนและการหักเหของแสงเป็นกิจกรรมได้ดังนี้คือ

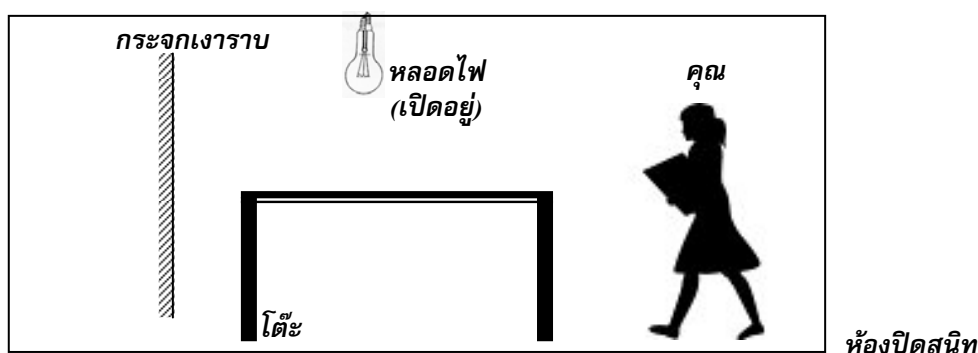
กิจกรรม	จุดประสงค์ของกิจกรรม
เรื่องที่ 1 เรามองเห็นวัตถุได้อย่างไร	1. สามารถบอกปัจจัยที่จำเป็นต่อการมองเห็นได้ 2. สามารถยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงได้ 3. สามารถวาดรังสีของแสงและอธิบายลักษณะการเดินทางของแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงได้
เรื่องที่ 2 การสะท้อนของแสง	1. สามารถอธิบายลักษณะของแสงที่สะท้อนจากวัตถุที่มีผิวเรียบ ผิวโค้ง และผิวขรุขระได้ 2. สามารถใช้กฎการสะท้อนของแสงเขียนและระบุรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน มุมตกกระทบ และมุมสะท้อนที่ผิวของวัตถุที่มีผิวเรียบ ผิวโค้ง และผิวขรุขระได้
เรื่องที่ 3 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ	1. สามารถบอกตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนจากวัตถุที่มีผิวราบเรียบได้ 2. สามารถบอกลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้
เรื่องที่ 4 ภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้ง	สามารถอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนที่มีลักษณะโค้งนูน-เว้าได้
เรื่องที่ 5 การหักเหของแสง	1.สามารถอธิบายลักษณะของลำแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสต่างชนิดกัน 2.สามารถเขียนทิศทางของลำแสงที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกันได้อย่างถูกต้อง

2. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโมเมนต์ ของครูอาสาสมัครจากแบบประเมินโมเมนต์เกี่ยวกับการสะท้อนและการหักของแสง (LRRCE) ซึ่งแบบทดสอบโมเมนต์นี้สามารถแจกแจงความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

คำถามข้อที่	ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้อง
1,3,7	แหล่งกำเนิดแสง
2,4,5	รังสีของแสง
6,8	การสะท้อนและการประยุกต์
9,10,11,12,13	ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ
14	การหักเหของแสง

ครูอาสาสมัครนี้เป็นครูวิทยาศาสตร์ตอนต้นจำนวน 33 คนในภาคเหนือ และเป็นคนละกลุ่มกับที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้เราทราบว่าครูวิทยาศาสตร์ในภาคเหนือส่วนใหญ่ มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงดังต่อไปนี้

คำถามข้อที่ 1. วัตถุที่เรียกว่า “แหล่งกำเนิดแสง” คือวัตถุที่สามารถสร้างแสงขึ้นได้ด้วยตัวเอง หรือ วัตถุที่สามารถสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ รอบข้างที่มาตกกระทบได้ ถ้าคุณอยู่ในห้องที่ปิดสนิท แสงภายนอกไม่สามารถผ่านเข้ามาได้ โดยที่ในห้องนั้นมี โต๊ะไม้ หลอดไฟที่เปิดอยู่และกระจกเงาราบที่ตั้งฉากกับพื้น ดังรูปด้านล่าง สิ่งใดในห้องนี้ที่คุณคิดว่า เป็นแหล่งกำเนิดแสง



- หลอดไฟเท่านั้น
- หลอดไฟและกระจกเงาราบ
- หลอดไฟและโต๊ะ
- หลอดไฟ กระจกเงาราบ และโต๊ะ

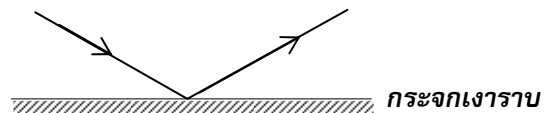
ข้อที่ถูกต้องคือ d

ตัวเลือก	a	b	c	d
ร้อยละ	39.9	54.55	-	6.06

คำถามข้อที่ 2. ภาพด้านล่างแสดงรังสีของแสงที่ตกกระทบและสะท้อนบนกระจกเงาราบ ข้อใดต่อไปนี้จะกล่าวถึงรังสีของแสงได้อย่างถูกต้อง

รังสีตกกระทบ

รังสีสะท้อน

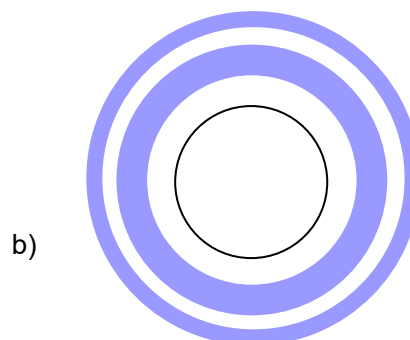
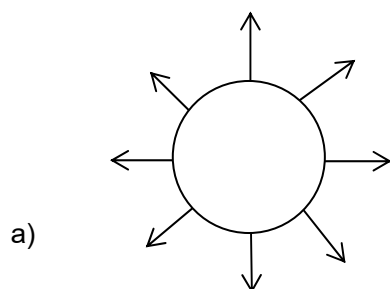


- a) รังสีของแสงเป็นสิ่งที่มองเห็นได้จริง โดยการโรยฝุ่นบริเวณที่มีรังสีของแสงอยู่
- b) รังสีของแสงเป็นสิ่งที่สมมติขึ้น เพื่อแสดงทิศทางการเดินทางของแสงเท่านั้น
- c) รังสีของแสงเป็นสิ่งที่มองเห็นได้จริง ไม่ว่าบริเวณนั้นจะมีฝุ่นหรือไม่มีฝุ่นก็ตาม
- d) รังสีของแสงเป็นสิ่งที่สมมติขึ้น เพื่อแสดงปริมาณความเข้มของแสงบนพื้นที่ ที่แสงตกกระทบ

ข้อที่ถูกต้องคือ b

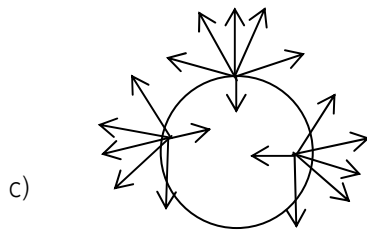
ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	21.21	27.27	33.33	-	3.03

คำถามข้อที่ 3. สมมติว่าคุณสังเกตเห็นลูกกอล์ฟลูกหนึ่งวางนิ่งอยู่บริเวณสนามกอล์ฟ แสงที่ออกมาจากลูกกอล์ฟนั้นควรมีลักษณะอย่างไร

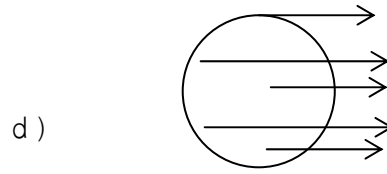


แสงพุ่งออกมาเป็นแนวรัศมีจากผิวลูกกอล์ฟ

มีแสงออกมาครอบคลุมบริเวณรอบข้างของลูกกอล์ฟ



แสงพุ่งออกมาทุกทิศทางจากแต่ละจุด
ของผิวลูกกอล์ฟ

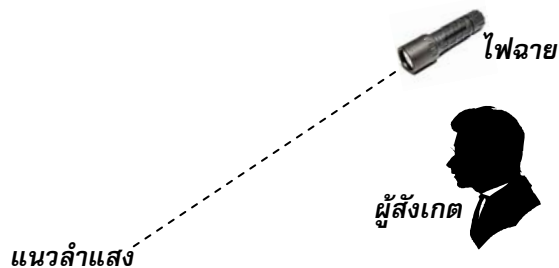


แสงพุ่งออกมาจากแต่ละจุดของผิว
ลูกกอล์ฟเป็นเส้นตรงขนานกัน

ข้อที่ถูกต้องคือ c

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	33.36	9.09	48.48	6.06	3.03

คำถามข้อที่ 4. หากคุณยืนอยู่ในบริเวณที่โล่งแจ้ง ไม่มีฝนละอองใดๆ เลย เมื่อเพื่อนคุณเปิดไฟฉายให้ลำแสงผ่านหน้าของคุณดังรูปด้านล่าง ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้องที่สุด

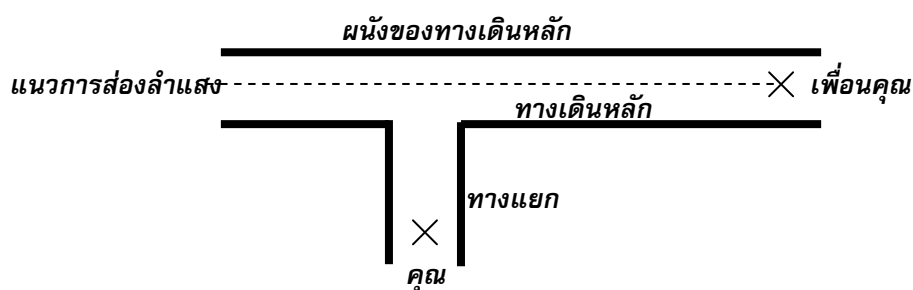


- a) คุณสามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้เฉพาะในเวลากลางคืนเท่านั้น
- b) คุณสามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน
- c) คุณไม่สามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้ไม่ว่าจะเป็นเวลากลางวันหรือกลางคืน
- d) คุณไม่สามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้ในเวลากลางวันเพราะความเข้มของลำแสงไม่มากพอ

ข้อที่ถูกต้องคือ c

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	18.18	15.15	27.27	36.36	3.03

คำถามข้อที่ 5. ถ้าคุณยืนอยู่ที่ทางแยกซึ่งแยกออกมาจากทางเดินหลัก บริเวณทางเดินหลักและทางแยกนั้น มิดสนิทแสงภายนอกไม่สามารถผ่านเข้ามาได้ นอกจากนั้นบริเวณทางเดินหลักและทางแยก ไม่มีฝุ่นละอองใดๆ เลย เมื่อคุณหันหน้าไปที่ผนังของทางเดินหลัก เพื่อนของคุณกำลังส่องไฟฉายเป็นลำตรงขนานกับทางเดินหลักโดยที่ลำแสงนั้นไม่ตกกระทบกับผนังใดเลย คุณจะเห็นลำแสงของไฟฉายที่ทางเดินหลักหรือไม่ เพราะเหตุใด

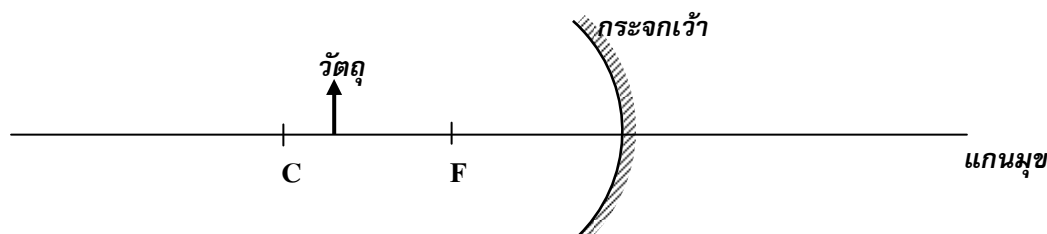


- a) เห็น เพราะลำแสงเดินทางเป็นเส้นตรง
- b) เห็น เพราะไม่มีสิ่งกีดขวางทางเดินของลำแสง
- c) ไม่เห็น เพราะลำแสงไม่ได้กระทบกับสิ่งใดเลย
- d) ไม่เห็น เพราะลำแสงไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ข้อที่ถูกต้องคือ c

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	18.18	27.27	45.45	6.06	3.03

คำถามข้อที่ 6. เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกเว้า ระหว่างจุดศูนย์กลางความโค้ง (C) และจุดโฟกัส (F) ของกระจกเว้า ดัง รูปด้านล่าง ภาพของวัตถุที่เกิดขึ้นจากกระจกเว้าจะอยู่ ณ ตำแหน่งใด



- a) เลยจุด C ไปทางด้านซ้ายมือ
- b) ตำแหน่งเดียวกับวัตถุ
- c) ระหว่างจุด C กับจุด F แต่ไม่ใช่ตำแหน่งเดียวกับวัตถุ

- d) ระหว่างจุด F กับกระจกเงา
- e) เลยกระจกเงาไปทางขวามือ

ข้อที่ถูกต้องคือ a

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	33.33	3.03	21.21	36.36	6.06

คำถามข้อที่ 7. สมมติว่าคุณเข้าไปในห้องที่มีดสนิท แสงข้างนอกไม่สามารถผ่านเข้ามาได้ ซึ่งในห้องมีกระจกเงาราบที่วางตั้งฉากกับพื้นและหลอดไฟที่ไม่ได้เปิด อยู่ในตำแหน่งดังรูปด้านล่าง คุณจะมองเห็นภาพหลอดไฟที่เกิดจากกระจกเงาราบหรือไม่ เพราะเหตุใด

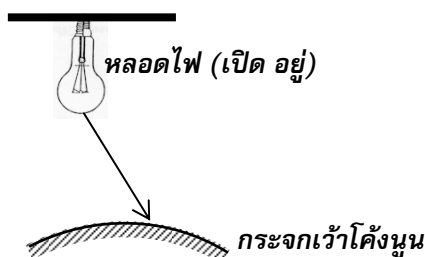


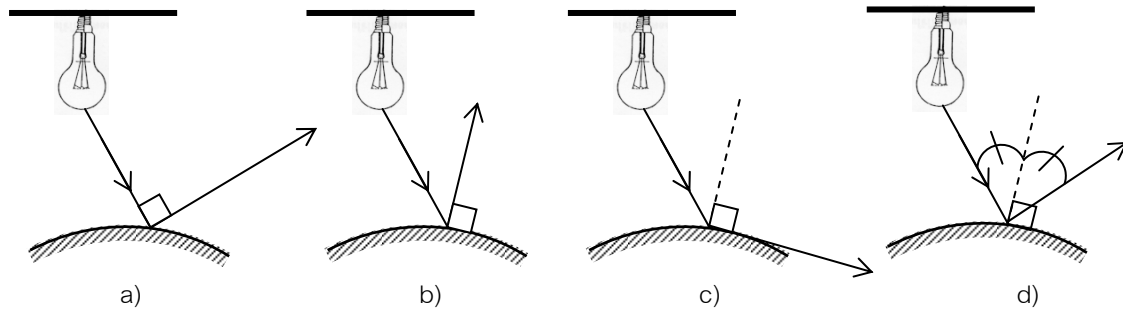
- a) ไม่เห็น เพราะ ไม่มีแสงจากตาคุณไปยังกระจกและหลอดไฟ
- b) ไม่เห็น เพราะ ไม่มีแสงจากหลอดไฟสะท้อนที่กระจกแล้วมาเข้าตาของคุณ
- c) เห็น เพราะ เงามของหลอดไฟสามารถสะท้อนที่กระจกเงาราบได้
- d) เห็น เพราะ เซลล์รูปแท่งในตาเราสามารถทำงานได้ในบริเวณที่ไม่มีแสงสว่าง

ข้อที่ถูกต้องคือ b

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	-	81.82	9.09	6.06	3.03

คำถามข้อที่ 8. รูปด้านล่างนี้แสดงหลอดไฟหลอดหนึ่งที่เปิดอยู่เหนือกระจกเงาโค้งนูน ถ้ารังสีของแสงรังสีหนึ่ง เดินทางจากหลอดไฟไปยังกระจก หลังจากที่ยังสะท้อนกระทบบนผิวกระจก รังสีสะท้อนจะมีลักษณะอย่างไร

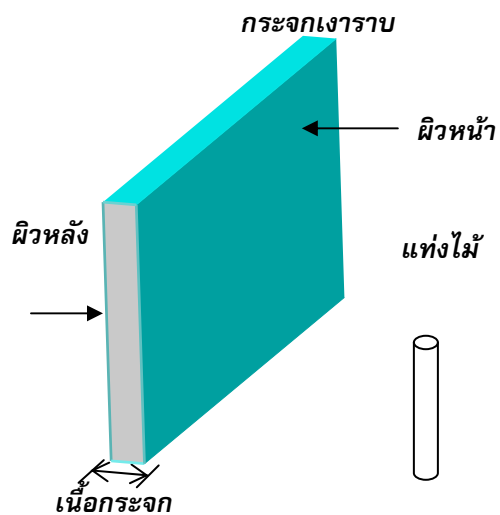




ข้อที่ถูกต้องคือ d

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	15.15	9.09	30.30	45.45	-

คำถามข้อที่ 9. รูปด้านล่างแสดงแท่งไม้ที่วางอยู่หน้ากระจกเงาราบ ซึ่งมีความหนาขนาดหนึ่งและวางตั้งฉากกับพื้นตำแหน่งของภาพแท่งไม้ที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาราบอยู่ ณ ที่ใด

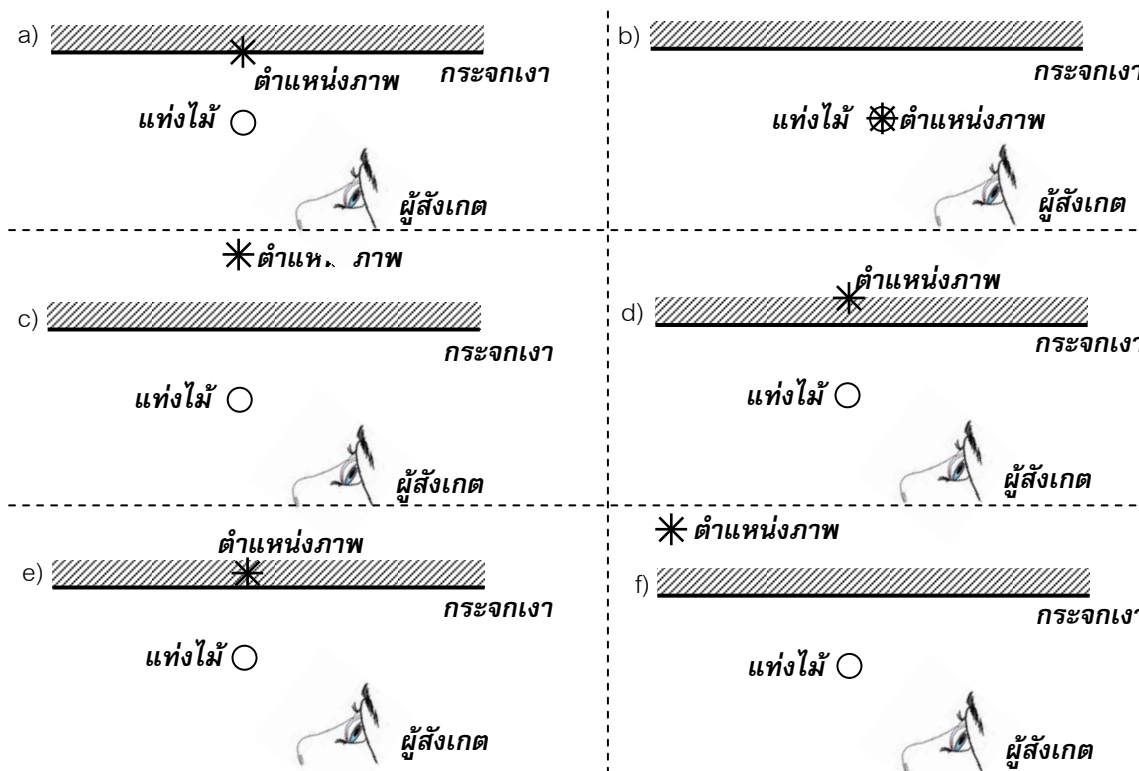


ข้อที่ถูกต้องคือ e

- a) ตำแหน่งเดียวกับแท่งไม้
- b) บนผิวหน้าของกระจก
- c) ในเนื้อกระจก (ความหนาของกระจกเงาราบ)
- d) บนผิวด้านหลังกระจกเงาราบที่ฉาบด้วยโลหะ
- e) ด้านหลังกระจกเงาราบ (เลยผิวหลังออกไป)

ตัวเลือก	a	b	c	d	e	ไม่ตอบ
ร้อยละ	12.12	33.33	21.21	6.06	24.24	3.03

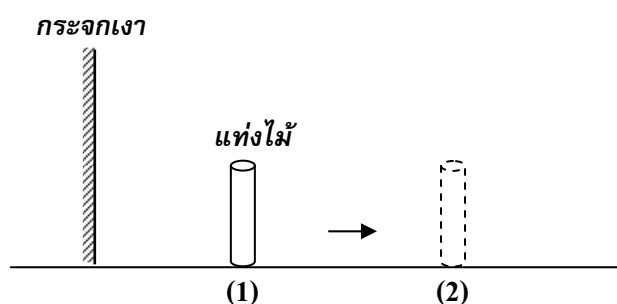
คำถามข้อที่ 10. หากผู้สังเกตในข้อ 9 มองแท่งไม้ในแนวเอียงดังรูปด้านล่าง เขาจะมองเห็นภาพของแท่งไม้ อยู่ที่ตำแหน่งตามข้อใด (รูปด้านล่างแต่ละรูปเป็นมุมมองจากด้านบน)



ข้อที่ถูกต้องคือ c

ตัวเลือก	a	b	c	d	e	f	ไม่ตอบ
ร้อยละ	33.33	15.15	27.27	6.06	9.09	3.03	6.06

คำถามข้อที่ 11. รูปด้านล่างแสดงแท่งไม้ที่วางอยู่ ณ ตำแหน่ง (1) หน้ากระจกเงาราบซึ่งวางตั้งฉากกับพื้น ถ้าเลื่อนแท่งไม้ ไปทางด้านขวามือ จากตำแหน่ง (1) ไปยังตำแหน่ง (2) ภาพของแท่งไม้ที่เกิดจากกระจกเงาราบที่ตำแหน่ง (2) มีความสูงเท่าใดเมื่อเทียบกับภาพของแท่งไม้ที่เกิดจากกระจกเงาราบที่ตำแหน่ง (1)

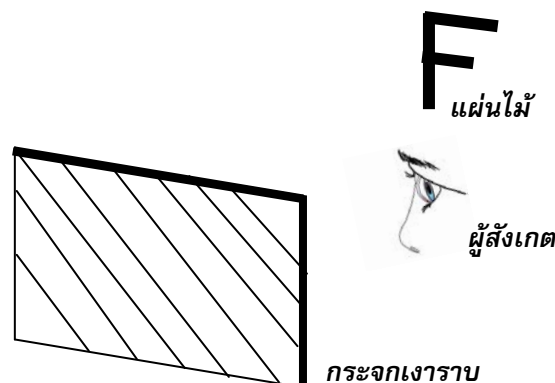


- a) ภาพของแท่งไม้ที่ตำแหน่ง (2) สูงกว่า ที่ตำแหน่ง (1)
- b) ภาพของแท่งไม้ที่ตำแหน่ง (2) ต่ำกว่า ที่ตำแหน่ง (1)
- c) ภาพของแท่งไม้ที่ตำแหน่ง (2) และที่ตำแหน่ง (1) สูงเท่ากัน
- d) บอกไม่ได้เพราะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างตำแหน่ง (2) และ (1)

ข้อที่ถูกต้องคือ c

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	21.21	39.39	21.21	12.12	6.06

คำถามข้อที่ 12. จากรูปด้านล่าง ผู้สังเกตอยู่ระหว่างแผ่นไม้รูปตัว F และกระจกเงาราบ เมื่อผู้สังเกตมองที่กระจกเงาราบ ภาพของแผ่นไม้ที่ผู้สังเกตเห็นจะมีลักษณะอย่างไร



F

a)

3

b)

3

c)

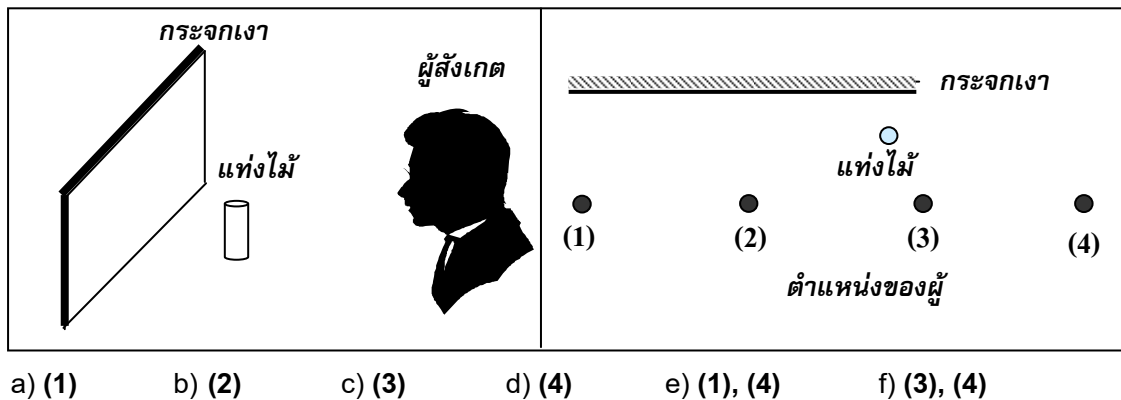
3

d)

ข้อที่ถูกต้องคือ b

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	15.15	69.70	6.06	3.03	6.06

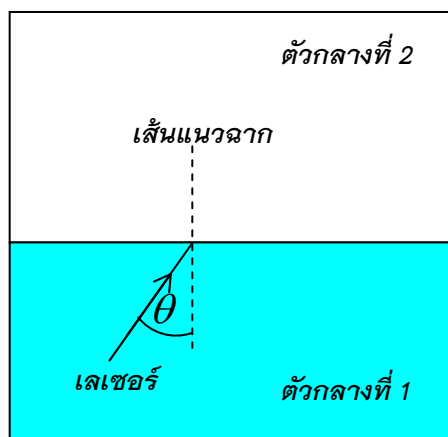
คำถามข้อที่ 13. รูปด้านล่างซ้าย แสดงกระจกเงาราบที่วางตั้งฉากกับพื้น โดยมีแท่งไม้อันเล็กๆ ตั้งอยู่ด้านหน้าตำแหน่งใดในรูปด้านขวาที่ผู้สังเกตไม่ สามารถมองเห็นภาพแท่งไม้ที่เกิดจากกระจกเงาราบได้



ข้อที่ถูกต้องคือ d

ตัวเลือก	a	b	c	d	e	f	ไม่ตอบ
ร้อยละ	18.18	-	3.03	36.36	21.21	12.12	9.09

คำถามข้อที่ 14. รูปด้านล่าง แสดงรังสีตกกระทบที่บริเวณรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ 1 และตัวกลางที่ 2 ซึ่งทำมุมกับเส้นแนวฉากเป็นมุม θ ตัวกลางทั้งสองชนิดเป็นตัวกลางโปร่งใส กำหนดให้มุมวิกฤต (θ_c) ของตัวกลางที่ 1 เทียบกับตัวกลางที่ 2 เท่ากับ 50 องศา ถ้าเปลี่ยนมุมตกกระทบ (θ) 4 ครั้ง คือ 30° 45° 60° และ 75° มุมตกกระทบ (θ) ในข้อใด ที่ทำให้มีแต่รังสีสะท้อนเพียงอย่างเดียว (ไม่มีรังสีหักเหเข้าสู่ตัวกลางที่ 2)



- a) 30° และ 45°
- b) 45° และ 60°
- c) 60° และ 75°
- d) 30° 45° 60° และ 75°

ข้อที่ถูกต้องคือ c

ตัวเลือก	a	b	c	d	ไม่ตอบ
ร้อยละ	18.18	21.21	18.18	27.27	15.15

จากการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนคติของครูวิทยาศาสตร์ระดับม.ต้นในจังหวัดภาคเหนือพบว่า ครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับแสงพื้นฐานที่คลาดเคลื่อน โดยจะเห็นได้ว่า มีเพียงคำถามข้อที่ 7 และข้อที่ 12 เท่านั้นที่ครูส่วนใหญ่เลือกถูกต้องเป็นจำนวนเกินร้อยละ 50 ของครูทั้งหมด หากพิจารณาผลการทำแบบทดสอบตามลักษณะของความคิดรวบยอดในแต่ละข้อ สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดแสง

ชุดคำถามที่ใช้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสงในการเลือกตอบนั้น ประกอบด้วย คำถามข้อที่ 1 3 และ 7 ตามลำดับ ในคำถามข้อที่ 1 ผู้วิจัยต้องการทดสอบว่าครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของแหล่งกำเนิดแสงหรือไม่ จากผลการวิจัยพบว่า มีผู้ที่เลือกตอบได้ถูกต้องร้อยละ 6.06 ในขณะที่ ส่วนใหญ่เลือกตอบว่า หลอดไฟ และกระຈก เป็นแหล่งกำเนิดแสง ร้อยละ 54.55 นอกจากนี้ร้อยละ 39.9 เลือกตอบว่าหลอดไฟเท่านั้นที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง สำหรับข้อ 3 เป็นคำถามที่วัดความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของแสงที่เดินทางออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงซึ่งเกิดจากการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ รอบข้าง ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าครูมีความเข้าใจที่ถูกต้องเพียงร้อยละ 48.48 และมีครูร้อยละ 33.36 ที่คิดว่าแสงพุ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวเป็นแนวรัศมีจากผิวของแหล่งกำเนิด และ ร้อยละ 9.09 ของครูทั้งหมดคิดว่ามีแสงพุ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวในลักษณะครอบคลุมบริเวณรอบข้างแหล่งกำเนิด ร้อยละ 6.06 คิดว่า แสงพุ่งออกมาจากแต่ละจุดของผิวแหล่งกำเนิดเป็นเส้นตรงขนานกัน และร้อยละ 3.03 ไม่แสดงความคิดเห็น ส่วนคำถามข้อที่ 7 ครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับ การมองเห็น พิจารณาจากการเลือกคำตอบที่ถูกต้องร้อยละ 81.82 ของครูทั้งหมด มีเพียงร้อยละ 9.09 และ 6.06 ที่คิดว่าการมองเห็นในที่มืดคือการเห็นเงา คิดว่าตาสามารถปรับเพื่อให้มองเห็นได้ในที่มืด ตามลำดับและ ร้อยละ 3.03 ไม่เลือกตอบ

ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับรังสีของแสง

ชุดคำถามที่ใช้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสงในการเลือกตอบนั้น ประกอบด้วย คำถามข้อที่ 2 4 และ 5 ตามลำดับ ในคำถามข้อที่ 2 ผู้วิจัยต้องการทดสอบว่าครูมีความเข้าใจในความหมายของรังสีของแสงหรือไม่ จากผลการวิจัยพบว่ามีเพียงร้อยละ 27.27 ที่เลือกคำตอบที่ถูกต้องกล่าวคือ รังสีของแสงเป็นสิ่งที่สมมติขึ้น เพื่อแสดงทิศทางการเดินทางของแสงเท่านั้น ร้อยละ 21.21 และ ร้อยละ 33.33 เลือกคำตอบว่า รังสีของแสงเป็นสิ่งที่มองเห็นได้จริง โดยการโรยฝุ่นบริเวณที่มีรังสีของแสงอยู่ และ รังสีของแสงเป็นสิ่งที่มองเห็นได้จริง ไม่ว่าบริเวณนั้นจะมีฝุ่นหรือไม่มีฝุ่นก็ตาม ตามลำดับ คำถามข้อที่ 4 ต้องการวัด ความเข้าใจของครู

ในมโนมติว่าเราไม่สามารถมองเห็นลำแสงได้ แต่สามารถสังเกตเห็นแนวทางเดินของแสงได้ โดยอาศัยการสะท้อนของแสงบนอนุภาคที่มีขนาดเล็ก มีเพียงร้อยละ 27.27 ที่เลือกคำตอบที่ถูกต้อง กล่าวคือ เราไม่สามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้ไม่ว่าจะเป็นเวลากลางวันหรือกลางคืน ร้อยละ 36.36 เชื่อว่า เราไม่สามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้ในเวลากลางวันเพราะความเข้มของลำแสงไม่มากพอ ร้อยละ 18.18 และร้อยละ 15.15 เชื่อว่า เราสามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้เฉพาะในเวลากลางคืนเท่านั้น และ คุณสามารถเห็นลำแสงของไฟฉายได้ทั้งในเวลา กลางวันและกลางคืน ตามลำดับ สำหรับคำถามข้อที่ 5 เป็นการทดสอบความเข้าใจในมโนมติเช่นเดียวกับข้อ 4 ซึ่งเกี่ยวข้องกับลำแสง ร้อยละ 45.45 ของครูทั้งหมดเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ร้อยละ 18.18 เชื่อว่าเราสามารถมองเห็นลำแสงได้เนื่องจากลำแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ร้อยละ 27.27 เข้าใจว่าเราสามารถมองเห็นลำแสงได้ ในกรณีที่ ไม่มีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของลำแสง และร้อยละ 6.06 คิดว่าเราไม่สามารถเห็น ลำแสงได้เพราะลำแสงไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสง

ชุดคำถามที่ใช้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสงในการเลือกตอบนั้น ประกอบด้วย คำถามข้อที่ 6 และ 8 สำหรับคำถามข้อที่ 6 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจในมโนมติการประยุกต์เรื่องการสะท้อนในการหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนที่มีลักษณะโค้ง ซึ่งมีเพียงร้อยละ 33.33 ที่เลือกคำตอบที่ถูกต้อง ร้อยละ 36.36 และร้อยละ 21.21 เลือกคำตอบว่าตำแหน่งภาพของวัตถุที่อยู่ ณ ตำแหน่งดังกล่าวอยู่ ระหว่างจุด F กับกระจกเงา และอยู่ตำแหน่งเดียวกับวัตถุ ตามลำดับ คำถามข้อที่ 8 ผู้วิจัยต้องการวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการสะท้อนของรังสีแสงบนผิวสะท้อนที่มีลักษณะโค้ง โดยที่การสะท้อนนั้นต้องเป็นไปตามกฎการสะท้อนกล่าวคือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน จากผลการวิจัยพบว่า ร้อยละ 45.45 เลือกคำตอบที่ถูกต้อง ร้อยละ 30.30 เลือกการตกกระทบของรังสีแสง เมื่อกระทบกับผิวสะท้อนโค้งแล้วจะสะท้อนในแนวผิวสัมผัส ร้อยละ 15.15 เลือกคำตอบที่แสดงว่ารังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนตั้งฉากกัน และร้อยละ 9.09 คิดว่ารังสีตกกระทบจะตั้งฉากผิวสัมผัส ณ บริเวณที่แสงตกกระทบ

ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ

ชุดคำถามที่ใช้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสงในการเลือกตอบนั้น ประกอบด้วย คำถามข้อที่ 9 10 11 12 และ 13 โดยชุดคำถามทั้งหมดนี้มุ่งเน้นในการนำความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องหลักการการเกิดภาพจากกระจกเงาราบไปประยุกต์ใช้ คำถามข้อที่ 9 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ ซึ่งอยู่ด้านหลังของกระจกในระยะตั้งฉากเทียบกับกระจกที่เท่ากับระยะวัตถุ มีเพียงร้อยละ 24.24 ที่เลือกคำตอบถูก ร้อยละ 33.33 คิดว่าตำแหน่งของภาพอยู่บนผิวหน้าของกระจก ร้อยละ 21.21

เลือกตอบว่าภาพอยู่ที่เนื้อกระจก ร้อยละ 12.12 เชื่อว่าตำแหน่งของภาพคือตำแหน่งเดียวกับวัตถุและร้อยละ6.06 เลือกตอบว่าภาพอยู่บนผิวด้านหลังกระจกเงาราบที่ฉาบด้วยโลหะ

คำถามข้อที่ 10 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผู้สังเกต แต่จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุเท่านั้น มีเพียงร้อยละ 27.27 ของครูทั้งหมดที่เลือกคำตอบถูกต้อง แต่ร้อยละ 33.33 ยังคิดว่าตำแหน่งของภาพอยู่ที่ผิวน้ำของกระจกเงาราบ ร้อยละ 15.15 เลือกตอบว่าตำแหน่งของภาพอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับวัตถุ ร้อยละ 9.09 เลือกตอบว่าภาพอยู่ในเนื้อกระจก ร้อยละ 6.06 เลือกตอบว่าภาพอยู่บนผิวด้านหลังกระจกเงาราบที่ฉาบด้วยโลหะ และร้อยละ 3.03 คิดว่าตำแหน่งของภาพเปลี่ยนตำแหน่งและอยู่ในแนวเดียวกันกับผู้สังเกต

คำถามข้อที่ 11 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบที่มีขนาดเท่ากับวัตถุเสมอไม่ว่าจะเปลี่ยนตำแหน่งอย่างไรก็ตาม มีเพียงร้อยละ 21.21 ที่คิดว่า ภาพของแท่งไม้ที่ตำแหน่ง (2) และที่ตำแหน่ง (1) สูงเท่ากัน ส่วนใหญ่(ร้อยละ 39.39)คิดว่าเมื่อย้ายวัตถุให้ห่างออกจากตำแหน่งเดิมซึ่งอยู่ใกล้กับกระจกมากกว่า ภาพที่ตำแหน่งใหม่จะมีความสูงที่น้อยกว่า ร้อยละ 21.21 คิดว่าภาพที่ตำแหน่งใหม่จะมีความสูงที่มากกว่าตำแหน่งเดิม ร้อยละ 12.12 คิดว่าไม่สามารถบอกได้เพราะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างตำแหน่งแรกและตำแหน่งใหม่

คำถามข้อที่ 12 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบซึ่งมีลักษณะกลับซ้าย-ขวา เมื่อเทียบกับวัตถุ ซึ่งคำถามข้อนี้ร้อยละ 69.70 สามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้ แต่อย่างไรก็ตาม ร้อยละ 15.15 คิดว่า ภาพยังคงมีลักษณะเหมือนกับวัตถุ ร้อยละ 6.06 และ ร้อยละ 3.03 คิดว่าภาพที่ปรากฏมีลักษณะกลับหัว และกลับขวาและกลับซ้าย ตามลำดับ

คำถามข้อที่ 13 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจในหลักการสะท้อนแสงที่นำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายการเห็นภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ มีเพียงร้อยละ 36.36 เท่านั้นที่สามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสง

คำถามข้อที่ 14 ผู้วิจัยต้องการทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการหักเหเมื่อแสง เคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่าไปยังน้อยกว่า และ หลักการเกี่ยวกับมุมวิกฤติ ซึ่งถ้าเพียงร้อยละ 18.18 ที่เข้าใจว่าเมื่อแสงตกกระทบเป็นมุมที่มากกว่ามุมวิกฤต แสงดังกล่าวจะไม่เคลื่อนที่ไปยังตัวกลางถัดไป แต่จะสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม

จากข้อมูลดังกล่าวทำนាំมาสู่การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วย คู่มือพัฒนามโนคติในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสง และชุดสาธิต

3. พัฒนาชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วย คู่มือการพัฒนามโนคติ ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสง และ ชุดสาธิต ซึ่งเน้นให้ผู้รับการอบรมมีโอกาสได้สร้างองค์ความรู้จากการทดลอง และสืบเสาะ จากชุดสาธิต ซึ่งรายละเอียดของคู่มือการพัฒนามโนคติ ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก

4. ประเมินชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหา ศาสตร์การสอน การวัดชุดสาธิตและประเมินผล เพื่อพัฒนาและปรับปรุง ซึ่งในการประเมินฝึกชุดอบรมนั้น ได้รับการอนุเคราะห์จากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจากการสอนฟิสิกส์ในระดับมหาวิทยาลัย 3 ท่าน นอกจากนี้ยังได้มีการทบทวนและได้นำมาลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนภาควิชาฟิสิกส์ และนักเรียนระดับมัธยม

5. จัดอบรมการพัฒนามโนคติในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสงโดยใช้ชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นให้แก่ครูในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาลำพูน เขต 1 และ เขต 2 ซึ่งวันที่ 8-9 เมษายน 2558 ผู้วิจัยได้จัดอบรมให้กับครูที่สอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสังกัดสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ลำพูนเขต 1 จำนวน 30 คน และ วันที่ 6 พฤษภาคม 2558 สำหรับครูที่สอนวิทยาศาสตร์จำนวน 30 คน ซึ่งสังกัดเขตพื้นที่การศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูนเขต 2 เพื่อพัฒนามโนคติเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง โดยสำรวจมโนคติของครูเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงก่อนได้รับการอบรม (pre-test) โดยใช้ Reflection and Refraction Conceptual Evaluation (LRRCE) การอบรมการอบรมครูโดยมีหัวข้อดังนี้คือ เรื่องที่ 1 เรามองเห็นวัตถุได้อย่างไร เรื่องที่ 2 การสะท้อนแสง เรื่องที่ 3 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ เรื่องที่ 4 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง และ เรื่องที่ 5 การหักเหของแสง กิจกรรมในแต่ละเรื่องนั้นเป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการ อยู่บนพื้นฐานการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ซึ่งใช้การเรียนรู้จากชุดสาธิต (Hands-on) ที่พัฒนาขึ้นจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในท้องถิ่น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในการอบรมเชิงปฏิบัติการซึ่งสามารถหาได้ในท้องถิ่น

ผู้รับการอบรมจะได้ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสง โดยใช้ความคิดของตนเอง และได้ทดสอบความคิดของตนเองโดยทดลองจากชุดสาริต



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการทำกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง

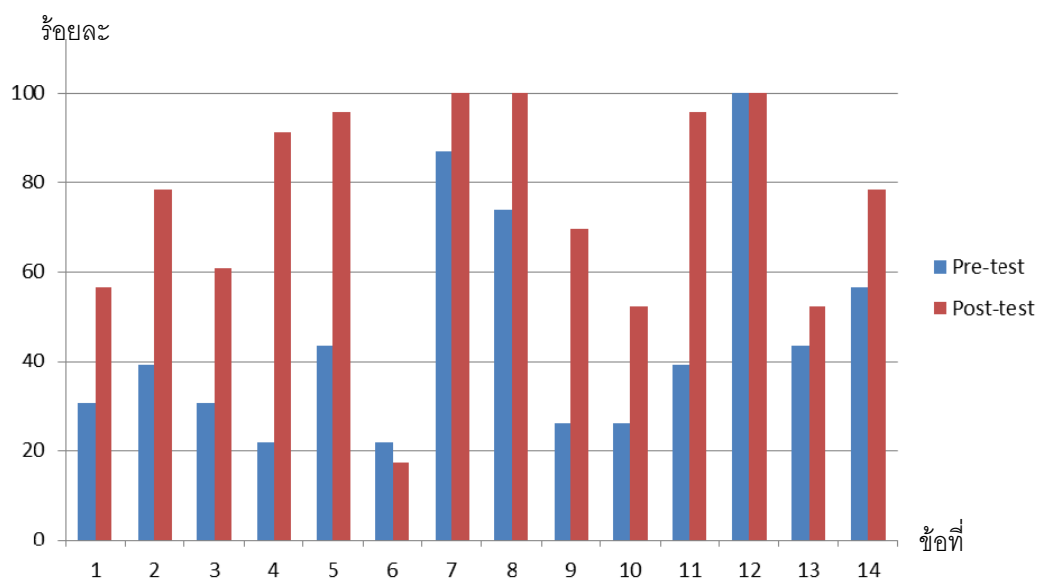
หลังจากเสร็จสิ้นจากการอบรม ผู้รับการอบรมจะถูกสำรวจมโนคติอีกครั้งโดยใช้แบบทดสอบชุดเดิม (post-test) ผลการพัฒนามโนคติจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

6. ติดตามผลการพัฒนามโนคติในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของแสงที่ได้จากการอบรมเชิงปฏิบัติซึ่งนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยผู้รับการอบรมบางคน จะได้รับการติดตามบางช่วงของการนำสิ่งที่ได้จากการอบรมไปใช้ในการเรียนการสอน

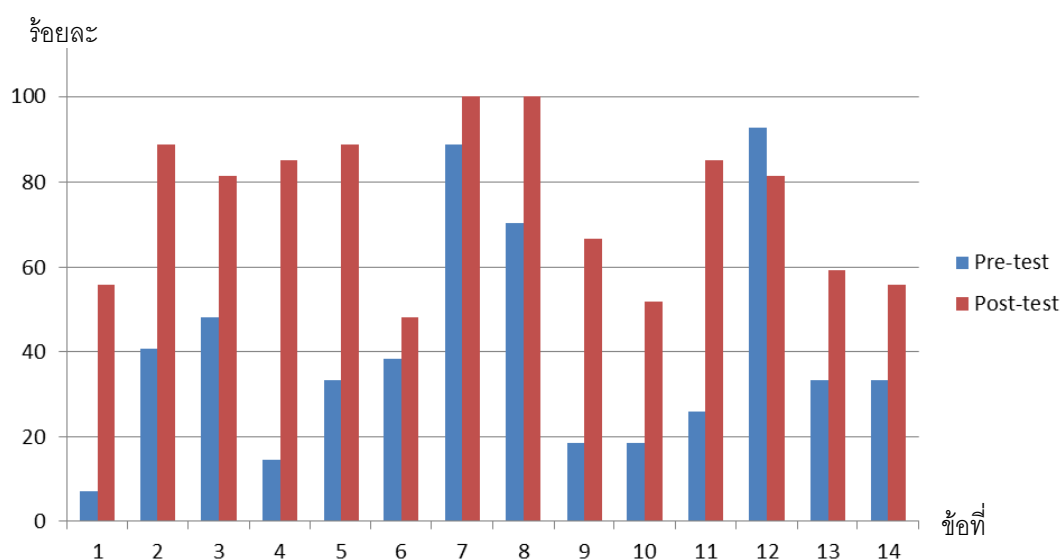
7.ปรับปรุงชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจริงและเผยแพร่ต่อไป

ผลการทดลอง

หลังจากที่ผู้รับการอบรมได้ทำแบบทดสอบทั้งก่อนและหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ เมื่อพิจารณาร้อยละของการตอบที่ถูกต้องในแบบทดสอบ Reflection and Refraction Conceptual Evaluation (LRRCE) สามารถแสดงได้ดังนี้



กราฟที่ 1 แสดงร้อยละของจำนวนครูสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูน เขต 1 ที่ตอบถูกในข้อคำถามของ (LRRCE) ตั้งแต่ข้อ 1-14



กราฟที่ 2 แสดงร้อยละของจำนวนครูสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานลำพูน เขต 2 ที่ตอบถูกในข้อคำถามของ (LRRCE) ตั้งแต่ข้อ 1-14

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

มโนคติที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษามโนคติเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงทำให้ทราบว่าครูวิทยาศาสตร์มีมโนคติเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงที่คลาดเคลื่อนมีดังนี้

- แหล่งกำเนิดแสงต้องเป็นสิ่งที่สร้างแสงได้อย่างเดียววัตถุอื่นที่สะท้อนแสงจากบริเวณรอบข้างไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสง
- รังสีของแสงเป็นสิ่งที่มองเห็นได้จริง โดยการโรยฝุ่นบริเวณที่มีรังสีของแสงอยู่
- มนุษย์สามารถมองเห็นลำแสงได้
- หลักการสะท้อนของแสงไม่สามารถใช้กับผิวสะท้อนที่ขรุขระได้
- รังสีสะท้อนกับรังสีตกกระทบตั้งฉากกัน
- ตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเกิดบริเวณที่เนื้อของกระจก บริเวณเดียวกับวัตถุ บริเวณผิวด้านหน้ากระจก และ บริเวณด้านหลังที่ฉาบด้วยปรอท
- ตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบขึ้นอยู่กับผู้สังเกต
- ขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบขึ้นอยู่กับระยะห่างของวัตถุกับกระจกเงาราบ

อุปสรรคของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงที่ตรวจสอบได้ ขณะทำการวิจัย

- ไม่สามารถใช้หลักการสะท้อนของแสงอธิบายการเห็นภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้
- ไม่สามารถเขียนรังสีแสดงการหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกันได้
- ไม่สามารถเขียนรังสีเพื่อระบุตำแหน่งของภาพที่เกิดจากการสะท้อนของผิวสะท้อนโค้งได้
- ไม่สามารถบอกลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้
- ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดได้

การวิเคราะห์พัฒนาการของผู้เข้ารับการอบรมสามารถวิเคราะห์การเลือกตอบคำถาม โดยใช้ Normalized Change ดังสมการดังต่อไปนี้

$$c = \begin{cases} \frac{\% \text{ post} - \% \text{ pre}}{100\% - \% \text{ pre}} & \text{in case of } \% \text{ post} > \% \text{ pre} \\ 0 & \text{in case of } \% \text{ post} = \% \text{ pre} \\ \frac{\% \text{ post} - \% \text{ pre}}{\% \text{ pre}} & \text{in case of } \% \text{ post} < \% \text{ pre} \end{cases}$$

โดยที่ค่าของ Normalized Change จะมีค่าสูง จะต้องมีย่านค่ามากกว่า 0.7, ปานกลางถ้าค่าอยู่ระหว่าง 0.3-0.7 และต่ำในกรณีที่มีค่าน้อยกว่า 0.3 จากกราฟที่ 1 เมื่อคำนวณค่า Normalized Change ของการตอบคำถามตั้งแต่ข้อ 1-14 จะได้ Normalized Change ดังนี้คือ

ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Normalized change	0.4	0.6	0.4	0.9	0.9	-0.2	1	1	0.5	0.4	0.9	0	0.2	0.5

ซึ่งจะเห็นได้ว่าครูวิทยาศาสตร์ในเขตที่ 1 มีพัฒนาการที่ดี ซึ่งมีข้อ 4, 5, 7, 8, 11 อยู่ในระดับที่สูง ข้อ 1, 3, 9, 10, 14 ที่อยู่ในระดับปานกลางและ ข้อ 6 12 และ 13 ที่อยู่ในระดับต่ำ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับข้อ 12 แสดงให้เห็นว่าผู้รับเข้ากับอบรมมีความเข้าใจที่ดีแล้วสำหรับลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงา ส่วนข้อ 6 ที่ผู้รับเข้าการอบรมเลือกตอบถูกน้อยกว่า ก่อนที่จะได้รับการอบรมเนื่องจากเกิดความเข้าใจผิดขณะที่ทำการทดลองระหว่างการอบรม จากกราฟที่ 1 เมื่อคำนวณค่า Normalized Change ของการตอบคำถามตั้งแต่ข้อ 1-14 จะได้ Normalized Change ดังนี้คือ

ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Normalized change	0.5	0.8	0.6	0.8	0.8	0.2	1	1	0.6	0.4	0.8	-0.12	0.4	0.3

ซึ่งจะเห็นได้ว่าครูวิทยาศาสตร์ในเขตที่ 2 มีพัฒนาการที่ดี ซึ่งมีข้อ 2, 4, 5, 7, 8, 11, อยู่ในระดับที่สูง ข้อ 1, 3, 9, 10, 13, 14 ที่อยู่ในระดับปานกลางและ ข้อ 6 12 ที่อยู่ในระดับต่ำ

สรุปได้ว่าครูส่วนใหญ่มีมโนคติเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงที่ดีขึ้น โดยเฉพาะเรื่องรังสีของแสง

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

บรรณานุกรม

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). รายงานการสัมมนาเรื่องนโยบายปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ศึกษา
- สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (2556). สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2556, จาก <http://www.qlf.or.th/Home/Details?contentId=749>
- Diederich, M. E. (1972). The context of inquiry in physics. *American Journal of Physics*, 40, 449-457.
- Jarrett, D. (1997). Inquiry strategies for science and mathematics learning, Science and Mathematics Education, Northwest Regional Educational Laboratory.
- Fuller, R. G. and Sims, W.L. (1974). You're OK and so is physics, the use of transactional analysis with inquiry methods in physics teaching. *The Physics Teacher*, 12, 217-220.
- McDermott, L.C., et al. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, 35(6), 411-416.
- McBride, J. W., et al. (2004). Using an inquiry approach to teach science to secondary school science teachers. *Physics Education*, 39(5), 334-339.
- Fosnot, C. T., (1996). Constructivism: A psychological theory of learning. In C. T. Fosnot (Ed.), *Constructivism: Theory, perspectives, and practice* (pp. 8-33). New York: Teachers College Press.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). คอนสตรัคติวิซึม. เอกสารประกอบการอบรม. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Keawkhong, K., et al. (2006). The conceptual understanding of light refraction of Thai science students and high school physics teachers. *Paper presented at the First National Symposium on Physics Graduate Research* (1st NSPG), Thailand.
- Andersson, B. and Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, age 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of science education*, 5(4), 387-402.
- Anderson, C. W. and Smith, E. L. (1986). Children's conceptions of light and color: understanding the role of unseen ray *Research series no. 166. East Lansing, Michigan State University*.

- Bendall, S., Goldberg, F. and Galili, I. (1993). Prospective elementary teacher's prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.
- Cummings, K and Grillo, E. (2005). Conceptual underpinnings of students' ability to understanding reflection from a plane mirror. CP790, 2004 Physics Education Research Conference.
- Fetherstonhaugh, T. and Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), 653-672.
- Galili, I. (1996). Student's conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.
- Goldberg, F. M. and McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *Physics Teacher*, 24, 472 - 480.
- Goldberg, F. M. and McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119.
- Heywood, D. S. (2005). Primary trainee teachers' learning and teaching about light: some pedagogic implications for initial teacher training, *International Journal of Science Education*, 27(12), 1447-1475.
- Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of nature of light. *Research in Science Education*, 36,419-439.
- Langley, D., Ronen, M. and Eylon, B. S. (1997). Light propagation and visual patterns: preinstruction learners' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
- Marx, J.D. and Cummings, K. (2007). Normalized change, *American Journal of Physics*, 75(1), 87-91.
- Ronen, M. and Eylon, B. S. (1993). To see or not to see: the eye in geometrical optics-when and how? *Physics Education*, 28, 52-59.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13(3), 283-289.
- Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Yalcin, M., et al. (2009) First year Turkish science undergraduates' understandings and misconceptions of light. *Science & Education*, 18(8), 1083-1093.
- Watts, M. (1985). Student conceptions of light: case study. *Physics Education*, 20, 183-

- Keawkhong K, et al. (2008). Student's misunderstanding in using a ray diagram in light refraction. *Thai Journal of Physics*, 3, 175-176.
- Kaewkhong, K., et al. (2009). Thai high-school students' misconceptions about and models of light refraction through a planar surface. *Physics Education*, 45(1), 97-107.
- Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G. (1992). *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- Hestenes, D., Wells, M. (1992). A mechanics baseline test. *The Physics Teacher*, 30, 159-166.
- Thornton, R.K. and Sokoloff, D. R. (1997). Realtime Physics: Active learning laboratory. *American Journal of Physics*, 1101-1118.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. K. (2001). Heat and Temperature Conceptual Evaluation. Available online at http://physics.dickinson.edu/~wp_web/wp_resources/wp_assessment/HTCE.pdf.

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ

Kaewkhong, K., Chitaree, R. 2015 A low-cost demonstration kit for locating an image formed by a plane mirror integrated with a ray diagram. *Phys. Ed.* Vol 50 (5); 2015, 522-528.

PAPERS

iopscience.org/ped

A low-cost demonstration kit for locating an image formed by a plane mirror integrated with a ray diagram

Kreetha Kaewkhong¹ and Ratchapak Chitaree²

¹ Faculty of Education, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

² Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Thailand

E-mail: kreetha.ka@cmu.ac.th



CrossMark

Abstract

This article introduces a low-cost, easy to make apparatus that can be used to locate the position of an image formed by a plane mirror. The apparatus is combined with a method used to identify an image's position by drawing a ray diagram, based on the principle of reflection, to show how an image is formed. An image's distance and an object's distance can be measured precisely. In addition, the size of an object and an image can be determined accurately.

Introduction

In earlier research, many students had problems drawing a ray diagram to locate the position of an image formed by a plane mirror [1–5]. Several methods were recommended for solving those problems. For example, Galili and *et al* (1993) suggested that at least two diverging light rays propagating from an object should be applied to draw a ray diagram to locate the position of an image formed by a plane mirror. Singer (1979) proposed the method used to identify the position of an image formed by a plane mirror by using an identical unlighted candle to place at the image's position of a lighted candle placed in front of a transparent glass. Kariotis (1982) demonstrated how to measure a distance between a virtual image, appearing in a plane mirror, and a plane mirror using a measuring stick. Layman (1979) placed a ring stand in front of a plane mirror and asked students in each group (in front of the plane mirror at several positions) to align a 10 m long string along the image sight they see in the mirror. The end of the strings, aligned from each

position, were held by other students, across the top of the mirror in order to point at the image position behind the mirror. Each student holding the string is asked to confirm its alignment. All string tips meet together at the particular point behind the plane mirror where the image position is. The method they introduced for indicating the image position cannot be used for drawing a ray diagram to show how an image is formed at the same time, as they are taught separately. The purpose of each method in the past was only to indicate the image position, but not show how the method and drawing a ray diagram based on reflection relate. In Thailand, most high-school students are taught how to draw a ray diagram separately from locating the position of an image formed by a plane mirror. They know that the position of an image is behind a plane mirror by determining this from a demonstration kit, but they cannot draw a ray diagram based on the principle of reflection to confirm that position. So, we designed some apparatus that can be used to indicate the position of an image formed by a plane mirror. We added the procedure

for drawing a ray diagram to make students understand the relationship between the position of an image, which can be seen from the demonstration kit, and a ray diagram.

Constructing the apparatus

Materials

- (a) A semi-transparent glass (20 cm × 30 cm × 0.3 cm).
- (b) Four glass clamps.
- (c) Two drawer slides.
- (d) Two steel angle brackets.
- (e) A piece of graph paper.
- (f) Two pieces of wooden board (40 cm × 60 cm).
- (g) Two paper clips.
- (h) A battery holder for two AA 1.5 v batteries and wires.
- (i) A switch.
- (j) A white LED (3 V).
- (k) Screws.
- (l) Bolts and nuts.
- (m) Two small magnets.
- (n) Two wooden cubes.
- (o) Colour spray paint cans: black, red and yellow.

Construction

The apparatus comprises a semi-transparent glass, as seen in figure 1(a), inserted in glass clamps, figure 1(b), fixed perpendicularly on two drawer slides, figure 1(c), by bolts and nuts. The drawer slides are connected with two steel angle brackets, figure 1(d), which are fixed perpendicularly at the middle on a piece of wooden board, figure 1(f), by nuts and bolts. A piece of graph paper is stuck with plastic tape on the board and set under the semi-transparent glass in the middle, figure 1(e). The semi-transparent glass can be moved up perpendicularly to the graph paper by sliding the drawer slides as seen in figure 2. Setting the small gap, 2 mm height, between the semi-transparent glass and the graph paper, see figure 2, can be done by placing two paper clips under the semi-transparent glass, which permits the drawing of a ray diagram.

The principle of light reflection is similarly used to explain how a plane mirror and a semi-transparent glass form an image. But most Thai

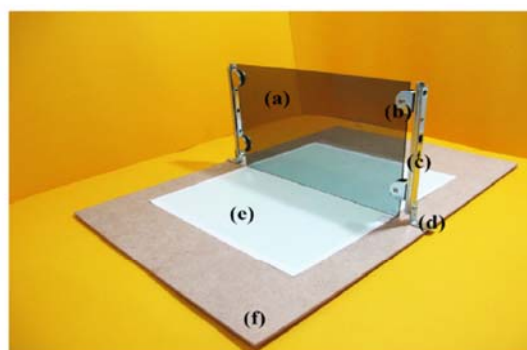


Figure 1. The apparatus components are composed of: (a) a semi-transparent glass, (b) a glass clamp, (c) a drawer slide, (d) a steel angle bracket, (e) a piece of graph paper, and (f) a piece of wooden board (40 cm × 60 cm).



Figure 2. Setting the small gap, 2 mm height, between the semi-transparent glass and the graph paper using two paper clips, which permits the drawing of a ray diagram.

high-school students believe that image formation occurs inside a plane mirror, and an image formed by a semi-transparent glass cannot be used to explain the reflection of light. One important reason that students usually quote is that a semi-transparent glass can be looked through, but a plane mirror cannot. Therefore, it is necessary to design a demonstration method that corrects students' understanding about an image formed by a semi-transparent glass. The black box, made by assembling four pieces of cut wooden plate using nuts and bolts, is constructed to cover half of the piece of the wooden plate in order to reduce the ambient light intensity on the other side of the semi-transparent glass. The inside of the black box is painted using a black spray paint. Therefore, an image formed by the semi-transparent glass can clearly be seen, such as the image



Figure 3. The black box is used to cover the other half of the wooden plate to demonstrate that an image formed by the semi-transparent glass and a plane mirror is the same. A thin iron metal plate is fixed under the wooden plate using nuts and bolts to attract magnets inside the cube.

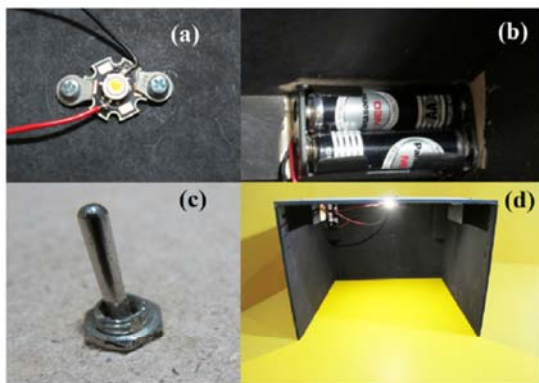


Figure 4. The electronic parts: (a) a white LED, (b) a battery holder, (c) a switch, and (d) all electronic parts are fixed together in the black box, and the white LED is turned on.

formed by a plane mirror that will be discussed in the next section. A thin iron metal plate is fixed under the wooden plate using nuts and bolts in order to avoid moving the object, as shown in figure 3.

As shown in figure 4, a simple electronic system is constructed by connecting a white LED, a battery holder and a switch together in series. The white LED is fixed by nuts and bolts on the top of the black box. The object, a red wooden cube, has a magnet inside, as shown in figure 5(a), to be firmly in front of the semi-transparent glass. Another cube, which is identical to the object, is painted in yellow and called 'a marker', see figure 5(b). This is used to locate the position of

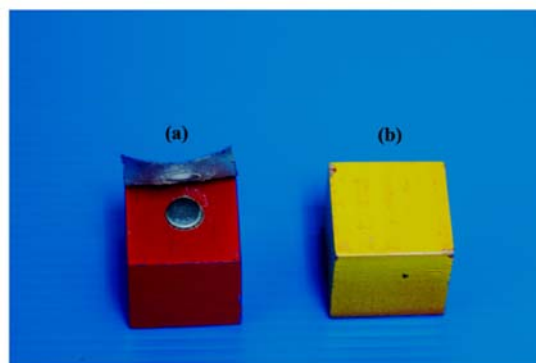


Figure 5. (a) A red wooden cube, an object, has a magnet put inside and is stuck using glue tape. (b) Another yellow cube, called 'a marker', of the same size and shape, also has a magnet put inside and is stuck by glue tape.

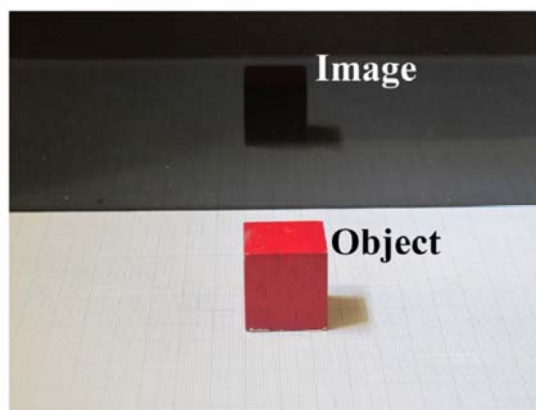


Figure 6. An image appears when the LED in the black box is turned off.

an image appearing behind the semi-transparent glass and for determining the sizes of the object and image.

Locating the position of an image

In this section, the method used to locate the position of an image and the demonstration steps are discussed as follows. The method described here is the modified parallax method mentioned in [7] and [8]. In a real class, most Thai high-school students are not familiar with the word 'parallax', which is a technical term. So we try to explain how to indicate an image's position in terms of 'overlapping' rather than parallax. As follows, firstly, a piece of graph paper is stuck with plastic tape onto the wooden board under

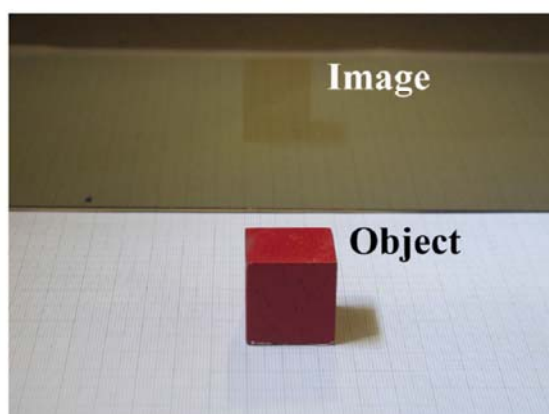


Figure 7. An image appears when the LED in the black box is turned on.

the semi-transparent glass in the middle, as in figure 1(e).

When another half of the board is covered by a black box, students are asked to place a red cube in front of the semi-transparent glass as an object, see figure 6. Then, teachers should engage students to compare the characteristics of an image that is formed by the semi-transparent glass and formed by a plane mirror by increasing or decreasing the light, see figures 7 and 8. Students can see that an image formed by the semi-transparent glass looks like an image formed by a plane mirror when a light bulb inside a black box is turned off. In fact, the principle behind image formation from both situations is the reflection of light. This step must be demonstrated carefully because students may think that an image, which is formed by a semi-transparent glass and by a plane mirror, is different. Some diagnostic questions about a shadow could be added at this stage to check students' understanding, because we found that many Thai high-school students usually define the image shown in figure 6 as a shadow. Some explanations about a shadow should be clarified if students are confused. Then, students are asked to move the black box and place another wooden cube, a marker, to overlap with the image, which is behind the semi-transparent glass; see figure 9. This method is an improvement on that described by Singer (1979), where it is hard to see how the image overlaps with the marker. In this demonstration kit the light intensity in the black box can be adjusted to check how the image overlaps with the marker.

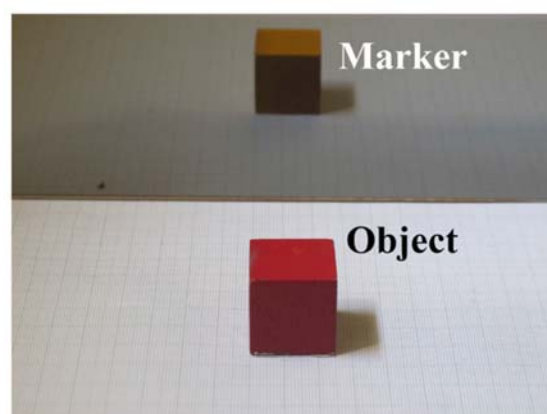


Figure 8. A marker is placed to overlap with an image behind the semi-transparent glass.

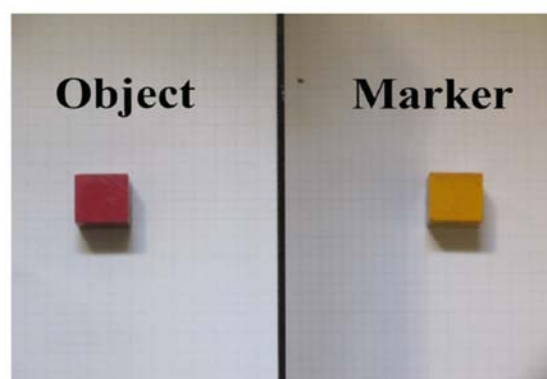


Figure 9. The image distance and the object distance are determined by counting the squares on graph paper.

From figures 8 and 9, it is clear that the image formed by the semi-transparent glass is behind the glass. Students are asked to measure the distance from the object to the glass and from the image to the glass by counting a number of squares on graph paper indicating the distance of the object and marker from the glass. In this way, students can see that an image, currently represented by the marker's position, distance and object distance, are equal, see figure 9. Teachers should ask students to change the object's distance and repeat the experiment to confirm that an image distance is independent of the position of an observer. This depends on an object's position. Overlapping between an image and a marker proves that the sizes of an image and object are always equal.

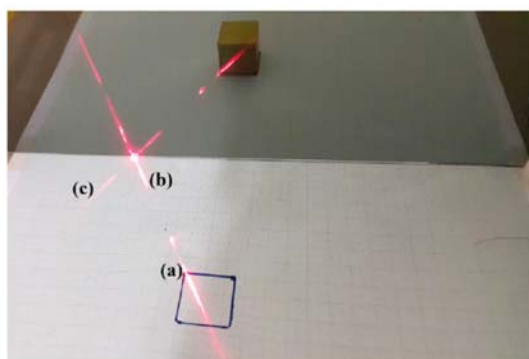


Figure 10. (a) A selected point on the drawing of the object acting like a light point source. (b) An incident laser beam impinging on a surface of the glass. (c) A reflected laser beam.

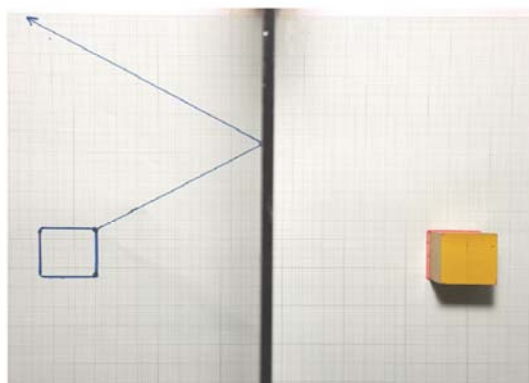


Figure 11. Lines with an arrow representing the direction of the incident beam and the reflective beam are drawn on the graph paper relating to the trace of the laser beam related to a reflection principle.

Drawing a ray diagram to confirm an image's position

In Thai high-schools, the topics of drawing a ray diagram representing how a plane mirror forms an image are usually taught separately from locating the position of an image. This is one reason why Thai high-school students fail to understand the relationship between a ray diagram and the position of an image formed by a plane mirror. Therefore, we introduced this method, which engages students to draw a ray diagram indicating the position of an image appearing behind the semi-transparent glass. When an image and the marker overlap each other, students are asked to draw boundaries around the marker and the object, see figure 10(a), on the graph paper before

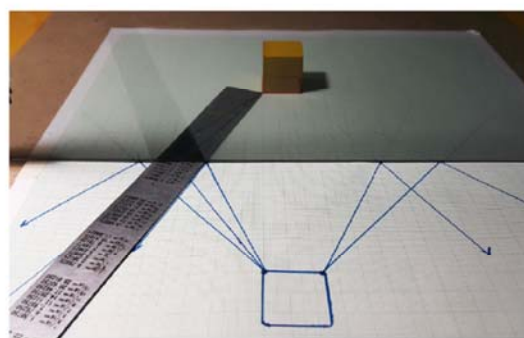


Figure 12. Ray diagrams representing the reflection of light emitted from an object at the same point are drawn by inserting a ruler into the gap between the glass and graph paper.

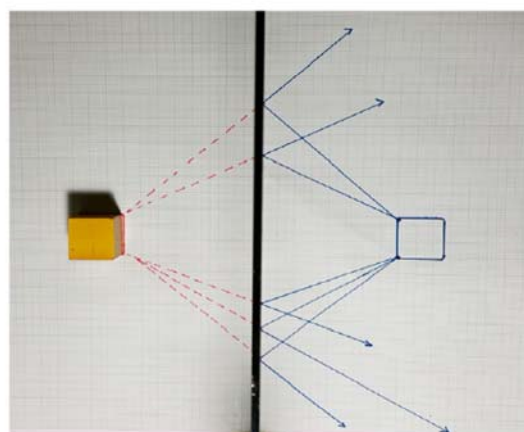


Figure 13. Broken lines are extended from each reflected ray to locate a marker (an image) behind the glass.

performing the next activities to avoid confusing their original positions. Then, students are asked to select a point of the drawing around an object representing a light point source in front of the glass. Representing a light beam emitting from a light point source, a laser beam is shined on a selected point of the glass. At this stage, the student can see the path of an incident light beam and a reflected light beam from the glass surface, as shown in figures 10(b) and (c), respectively. Lines with an arrow representing the direction of an incident beam and a reflected beam are drawn on the graph paper relating to a trace of the laser beam, see figure 11. In addition, students are asked to repeat the steps mentioned above to find the ray diagrams relating to the different paths

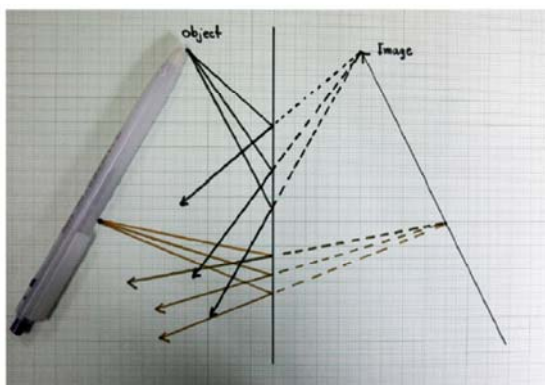


Figure 14. A pen, placed in front of a semi-transparent mirror, is used to challenge students to predict the image characteristics and locate the position of an image.

of the laser beam coming from the same point, see figure 12. For convenience, students can draw a reflective ray by inserting a ruler into the gap between the glass and the wooden plate, as shown in figure 12. At this stage, students are asked to determine the relationship between ray diagrams and the reflection. Then, the broken lines discussed in [6] and [9] are drawn, extending from each reflective ray by inserting a ruler into the gap between the glass and the wooden plate, see figure 13.

Noticeably, all the broken lines are joined together at the position of the selected point of an image, a marker. From all the steps mentioned above, it is clear that a virtual image can be seen by the reflection of light, and a screen is not necessary [10]. To promote understanding about drawing a ray diagram to locate the virtual image's position, another object, for example a pen placed in different way, challenges students to draw a ray diagram locating the image position and to predict the characteristics of the image appearing behind the glass. The ray diagram shown in figure 14 indicates how an image of a pen is formed.

Summary

This apparatus is an effective and inexpensive teaching aid; it can be used to precisely locate the position of an image formed by a plane mirror. In addition, the equal distance between an object and an image can be clearly shown. Similarly, the image of an object can be represented at

the same size as the object itself. Besides, the position of the image can be represented independently from the position of an observer, and the mirror image inversions mentioned in [11] can be demonstrated effectively. The apparatus described here helps students understand ray diagrams representing how an image is formed by tracing a ray diagram according to the paths of real incident and reflected laser beams. Most of our students have found this very helpful in developing their conceptual understanding of light reflection and the image formation of a plane mirror.

Acknowledgments

We would like to acknowledge the financial support from The Thailand Research Fund (TRG-5780191). We also thank Dr Nadchanok Rodrussamee for beautiful photos, and Associate Professor Alex Mazzolini and his colleagues from Swinburne University of Technology, Australia, for their assistance with a prototype construction.

Received 16 February 2015, accepted for publication 18 May 2015

doi:10.1088/0031-9120/50/5/522

References

- [1] Bendall S, Goldberg F and Galili I 1993 Prospective elementary teacher's prior knowledge about light *J. Res. Sci. Teach.* **30** 1169–87
- [2] Cummings K and Grillo E 2004 Conceptual underpinnings of students' ability to understand reflection from a plane mirror *Paper Presented at Physics Education Research Conf. Sacramento, CA, 4–5 August 2004*
- [3] Galili I, Bedall S and Goldberg F 1993 The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation *J. Res. Sci. Teach.* **30** 271–301
- [4] Goldberg F and McDermott L C 1986 Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror *Phys. Teach.* **24** 472–80
- [5] Ronen M and Eylon B S 1993 To see or not to see: the eye in geometrical optics—when and how? *Phys. Educ.* **28** 52–9
- [6] Galili I, Goldberg F and Bedall S 1991 Some reflections on plane mirrors and images *Phys. Teach.* **29** 471–7
- [7] Singer D 1979 The location of virtual images in plane and curved mirrors *Phys. Teach.* **17** 534–6

K Kaewkhong and R Chitaree

- [8] Kariotis F G 1982 Demonstrating the image in a mirror *Phys. Teach.* **20** 478
- [9] Layman J W 1979 That can't be: a virtual comment *Phys. Teach.* **17** 253–4
- [10] Asuman K and Huseyin K 2011 Differentiating real and virtual images *Phys. Educ.* **46** 656
- [11] Spurgin C B 1990 Lens and mirror image inversions *Phys. Educ.* **25** 343–6



Kreeetha Kaewkhong received his BSc degree in physics from Chiang Mai University, Thailand, in 2004, and his PhD in science and technology education from The Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Thailand in 2010. He works as a science education lecturer in the Faculty of Education, Chiang Mai University, Thailand. His research interests include science and physics education.



Ratchapak Chitaree received his BSc degree in physics from Mahidol University, Thailand, in 1990, and his PhD in measurement and instrumentation from City University, UK, in 1994. He works as a physics lecturer in the Faculty of Science, Mahidol University, Thailand. His research interests include applied optics, laser applications and optics education.

2. การเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ The 4th International Conference of Science Educators and Teachers(2016) ระหว่างวันที่ 3-5 มิ.ย. 2559 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



Kaewkhong K. (2016). Proceeding of the 4th International Conference of Science Educators and Teachers (ISET), Khon Kaen, Thailand: Science Education Association (Thailand) (SEAT), pp.

Investigating Thai Primary School Science Teacher Ideas About Reflection and Refraction of Light

Kreetha Kaewkhong^{1*}

¹ Science Education Program, Department of Curriculum Instruction and Learning, Faculty of education, Chiang Mai University, Thailand, email: kreetha.ka@cmu.ac.th

Abstract

This article aims to represent 50 Thai primary school science teachers' ideas about reflection and refraction of light. All are volunteers participating in the optic active learning workshop designed by an inquiry method. At the beginning, they are asked to do Light Reflection and Refraction Conceptual Evaluation (LRRCE) for checking their prior knowledge. LRRCE has 17 conceptual questions, 15 multiple choices and 2 open-ended questions. The test can be grouped into 6 domains according to concepts; a light source, the meaning of light ray, reflection and applications, an image formed by a plane mirror, refraction of light and applications of refractions, respectively. In this study, the results from pre-test (only questions 1-14) indicated that most teachers participating in the optic active learning had some misconceptions and difficulties about reflection and refraction before they came to the workshop.

Keywords: investigating, reflection and refraction, in service primary school science teacher, conceptual understanding

1. Introduction

In 2013, Faculty of Education, Chiang Mai University was a leader for developing a quality of primary school science teachers, in the north of Thailand, as Coaching and Mentoring Project. All participants were in-service primary school science teachers in the north of Thailand. During the workshop, the conceptual questions were used to identify their understanding in science concepts. We found that most teachers still have some naive understanding in science concepts which one topic of all is reflection and refraction of light, the results were similar to the previous research (Kaewkhong K., 2006, 2008). Therefore, in year 2014, in-service primary school science teachers, in Lumphun Province, were selected to participate in the active learning workshop in optics for developing their understanding in basic optic concepts. The results of previous research found that both students and in-service science teachers still had some misconceptions in basic optics. The difficulties of learning basic optics occurred generally in other countries (Anderson & Smith, 1986; Andersson & Karrqvist, 1983; Bendall & Galili, 1993; Cummings & Grillo, 2005; Fetherstonhaugh & Treagust, 1992; Galili, 1996; Goldberg & McDermott, 1986; Goldberg & McDermott, 1987; Heywood, 2005; Hubber, 2006; Langley et al., 1997; Ronen & Eylon, 1993; Saxena, 1991; Selley, 1996; Shapiro, 1989; Yalcin et al., 2008; Watts, 1985). At the beginning of the workshop, the participants were asked to do the conceptual test involving reflection and refraction of light, Light Reflection and Refraction Conceptual Evaluation (LRRCE) which is composed of 17 conceptual questions. They are 15 multiple-choices questions and 2 open-ended questions. The participants understanding can be interpreted by determining their responses in each question which is classified according to concepts, discussed later in the next topic.

2. Methodology

This study, science teachers understanding about reflection and refraction of light were investigated by the series of conceptual multiple-choices questions. Each question can be grouped according to sub-concepts involved reflection and refraction of light. Teacher's responses, only question 1-14, were discussed according to concept groups. The teachers' results in question 15, 16 and 17 were not represented in this article because interpreting data needs more complicated method.

2.1. Target group

The target of this article were 50 Thai primary school science teachers, in the north of Thailand, who came to the optic training workshop, about reflection and refraction of light year 2015. The 50 teachers represented in this article composed of 23 teachers who came to the workshop firstly called in this article that Teacher 1 and teacher 27 teachers, called Teacher 2 in this article, who came to the workshop after the first group finished 2 weeks.

2.2. Methods of Inquiry

Light Reflection and Refraction Conceptual Evaluation (LRRCE) have been developed since 2006 (Kaewkhong K., 2008). The effective reliability, difficulty and discrimination were already determined. The conceptual test is composed of 17 conceptual questions. They are 15 multiple-choices questions and 2 open-ended questions. The questions can be classified into sub-concepts of reflection and refraction as shown in table 1.

Table 1. The group of questions determined by sub-concepts about reflection and refraction of light.

<i>Questions</i>	<i>Sub-concept</i>
1,3,7	A light source
2,4,5	The meaning of light ray
6,8	Reflection and applications
9,10,11,12,13	An image formed by a plane mirror
14,15	Refraction of light
16,17	Refraction and applications (open-ended)

Question 1, 3 and 7, the teachers were asked to identify a light source in different situation, represent the light ray from a light source and apply principle of light source to explain seeing object, respectively. Question 2, 4 and 5, the teachers were asked to identify a meaning of light ray, explain can a light beam be seen and apply principles of scattering to solve an everyday phenomenon. Question 6 and 8, the teachers were asked to identify a reflective ray on a curve reflector. Question 9,10,11,12 and 13, the teachers were asked to identify a position of image formed by a plane mirror in different situations. Question 14 and 15, the teachers were asked to determine the refractive phenomena and identify scientific explanations. Students were investigated before the workshop started for probing the teachers' prior knowledge. The results were determined for improving the instruction.

3. Research Findings

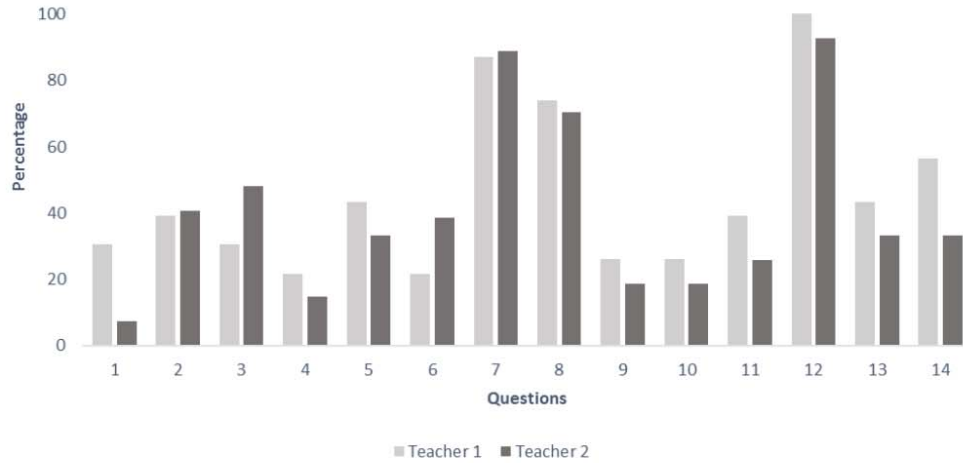


Diagram 1: The percentage of teachers who answered corectly in each question

All results are represented in diagram 1 related to each sub-concept. In the first sub-concept, a light source, we need to know their understanding about a light source. There are composed of 3 questions which are question 1, 3 and 7 used to interpret their understanding. For question 1, the teacher were asked to select a light source in a total closed room where there were a turned on light bulb, a mirror and a wooden table inside, a light source was defined as an object which can illuminate light by itself or an object that can reflect light coming from other light sources. The teachers' responses in this question are presented in diagram 1 we found that the teachers in both Teacher 1 and Teacher 2 answered the this question correctly under 50% of each group but Teacher 1 is more than Teacher 2. Most teachers in both groups thought that a light source was only the objects which produced light by themselves but they did not realize that objects reflecting light coming from around environment were a light source as well. For the question 3; teachers were asked to determine the appropriated ray diagram which describes a feature of light reflected on a surface of a golf ball. The teachers' responses in this question show that Teacher 1 is more than Teacher 2 but both are less than 50% of all students in each group. Most teachers in both groups used the model shown in figure 1 to represent light reflecting from an object surface which had only one ray propagating from each point on the object surface. But they did not realize that light rays propagate from each point source in straight lines and every directions as shown in figure 2. Some teachers said that they were familiar with the diagram shown in figure 1 rather than the diagram in figure 2 because they usually drew a diagram to represent light propagating from the sun. For conceptual question 7, teachers were asked if they could see an image of a light bulb formed by a plane mirror when they were in a total closed room where light from outside could not pass through. There were a turned off light bulb and a plane mirror in the room. The teachers' responses in this question are quite the same, most of them selected the correct choice which realize that an image can be seen when light coming from an object reflects on the mirror surface and arrives at retina of an observer . number of teachers who selected the correct answer of both are upper 50%.

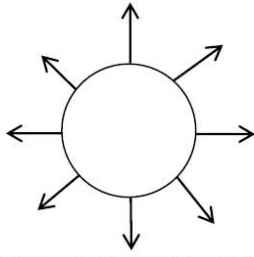


Figure 1. the model of light reflecting from an object surface which propagates in straight lines but each point source composed of only one ray.

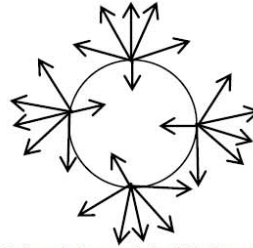


Figure 2. the right model of light reflecting from an object surface which propagates in straight lines in every direction from each point source.

The second sub-concept is investigating teacher understanding about a meaning of light ray, there are composed of question three questions which are 2,4 and 5. For question 2, teachers were asked to select a sentence which had the best definition of "a ray diagram" while they were let to determine a picture representing a ray diagram of an incident ray and a reflective ray on a plane mirror. The teachers' responses in this question are quite the same, misconceptions can be detected they thought light ray can be appeared when dust is in the path of light ray, light ray can be seen in the area where had and had not light rays and light ray is used to indicate light intensity. For conceptual question 4, teachers were asked to select the correct property of a light beam when they were standing outdoors where were absolutely no dust. Their friends would turn on a torch and shine a light beam passing in front of their faces. The teachers' responses in this question indicated that most teachers in both group claimed that a light beam can be seen which is a big misconception detected in this question. For the question 5, teachers were asked to consider that if they stood in a crossroad where absolutely had no dust and light in that area as shown in figure 3. Both main path and crossroad were surrounded by a high wall; teachers could not see their friend who was holding a torch. When their friend was turning on a torch and shining a light beam parallel to the main path, could teachers see light beam at the main path. Most of them thought that the beam can be seen because light propagates in straight line.

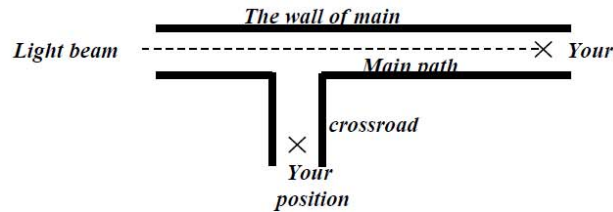


Figure 3. the diagram used in question 5

The third sub-concept is investigating teacher understanding about reflection of light and applications which are composed of two question, 6 and 8. For question 6, teachers were asked to indicate the position of an image formed by a concave mirror. An object was set between a focal point (F) and a center of curvature (C). The teachers' responses in this question, teacher in both group could not identify a position of an image formed by the concave mirror they still have difficulties in drawing a ray diagram. However, the correct answer from Teacher 2 is more than

Teacher 1 but both are less than 50%. For conceptual question 8, teachers were asked to determine a correct ray diagram representing a reflective ray on a convex mirror. The teachers' responses in this question are quite the same, but Teacher 1 is more than Teacher 2 a bit and both of them are upper 50%. The correct responses of this question was high. It is possible that they was familiar with this question because they use a mirror in a daily life.

The forth sub-concept is investigating teacher understanding about an image formed by a mirror. There are composed of question 9 to 13. The question 9, teachers were asked to identify an image formed by a plane mirror of a wooden rod. A wooden rod was placed in front of a thick plane mirror set perpendicularly to a floor. We found that most teachers in both group thought that an image formed by a thick plane mirror is in the thick glass. However, the correct responses of Teacher 1 are more than Teacher 2 a bit and both of them are lower than 50%. The question 10, teachers were asked to select a correct diagram indicating a position of an image formed by a plane mirror of the wooden rod in the case of changing location an observer. Most teachers in both group thought that the position of an image depended on the position of the observer. Question 11, teachers were asked to compare the height of an image of a wooden rod which was placed at position (1) and then moved to the position (2). We found that most teacher thought that an image of the object moved to the position that far away from a plane mirror is smaller than an image of the object at the beginning position where is more closer. The question 12, teachers were asked to identify the characteristics of an image formed by a plane mirror of a wooden plate, in a shape of a letter "F" that an observer should see. A position of the wooden plate, an observer and a plane mirror, the correct answers of teacher in both group are upper 50%. Noticable that they often use the idea about opposite direction between an image and an object for solving this question. The question 13, teachers were asked to choose a position of an observer where an image of a wooden rod placed in front of a plane mirror could not be seen. The correct answers of teachers in both group were lower than 50%. The results of this question can imply that most teachers had some difficulties about a principle of reflection of light, they could not use that principle to describe seeing an image.

The conceptual question 14, teachers were asked to choose the angles, between 30° , 45° , 60° and 75° , at which the internal total reflection occurred. The critical angle (θ_c) of the first medium was defined as 50 degrees. The correct responses of this question from both group were lower than 50%. It can imply that most teachers did not understand in a critical angle.

From the results, teachers in both group answered correctly, upper 50%, in question 7, 8 and 12 that means that they can apply ideas about reflective ray explained an image formation by a plane mirror, a characteristic of reflective ray on a curve reflector and an image formed by a mirror, respectively.

4. Conclusion

From the results, the teachers in this study should be improved thier understanding in the concepts of reflection and refraction.

Acknowledgement

We would like to acknowledge the financial support from The Thailand Research Fund (TRG-5780191) and faculty of Education, Chiang Mai University.

References

- Andersson, B. and Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, age 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of science education*, 5(4), 387-402.
- Anderson, C. W. and Smith, E. L. (1986). Children's conceptions of light and color: understanding the role of unseen ray Research series no. 166. East Lansing, Michigan State University.
- Bendall, S., Goldberg, F. and Galili, I. (1993). Prospective elementary teacher's prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.

- Fetherstonhaugh, T. and Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), 653-672.
- Galili, I., Bedall, S. and Goldberg, F. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 271-301.
- Goldberg, F. M. and McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *Physics Teacher*, 24, 472 - 480.
- Goldberg, F. M. and McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119.
- Heywood, D. S. (2005). Primary trainee teachers' learning and teaching about light: some pedagogic implications for initial teacher training. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1447-1475.
- Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of nature of light. *Research in Science Education*, 36, 419-439.
- Langley, D., Ronen, M. and Eylon, B. S. (1997). Light propagation and visual patterns: preinstruction learners' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
- Ronen, M. and Eylon, B. S. (1993). To see or not to see: the eye in geometrical optics-when and how? *Physics Education*, 28, 52-59.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13(3), 283-289.
- Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Yalcin, M., et al. (2009) First year Turkish science undergraduates' understandings and misconceptions of light. *Science & Education*, 18(8), 1083-1093.
- Watts, M. (1985). Student conceptions of light: case study. *Physics Education*, 20, 183-187.
- Keawkhong K., et al. (2008). Student's misunderstanding in using a ray diagram in light refraction. *Thai Journal of Physics*, 3, 175-176.
- Keawkhong, K., et al. (2009). Thai high-school students' misconceptions about and models of light refraction through a planar surface. *Physics Education*, 45(1), 97-107.

ภาคผนวก

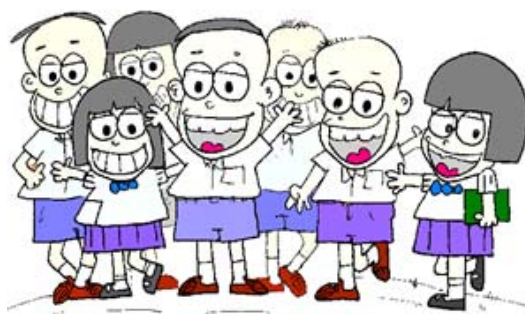
เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ
การพัฒนานวัตกรรมเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง
สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา



เรียบเรียงโดย
อ.ดร. กริธา แก้วคง
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สนับสนุนทุนวิจัยและการจัดอบรมโดย
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (TRG5780191)

หัวข้อในการอบรมเชิงปฏิบัติการ

- เรื่องที่ 1 เรามองเห็นวัตถุได้อย่างไร
 - กิจกรรมที่ 1.1 กล้องดำ
 - กิจกรรมที่ 1.2 เรามองเห็นแสงหรือไม่
 - กิจกรรมที่ 1.3 แสงจากแหล่งกำเนิด
- เรื่องที่ 2 การสะท้อนแสง
 - กิจกรรมที่ 2.1 การสะท้อนแสงบนวัตถุที่มีผิวราบเรียบ
 - กิจกรรมที่ 2.2 การสะท้อนของแสงบนวัตถุผิวโค้ง
- เรื่องที่ 3 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ
 - กิจกรรมที่ 3.1 ตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ
 - กิจกรรมที่ 3.2 การเขียนรังสีแสดงตำแหน่งภาพที่เกิดจากกระจกเงา
- เรื่องที่ 4 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง
 - กิจกรรมที่ 4.1 ภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้งนูน
- เรื่องที่ 5 การหักเหของแสง
 - กิจกรรมที่ 5.1 ตัวกลางโปร่งใส ตัวกลางโปร่งแสง ตัวกลางทึบแสง
 - กิจกรรมที่ 5.2 พฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน



เรื่องที่ 1 เรามองเห็นวัตถุได้อย่างไร

วัตถุประสงค์หลัก

1. สามารถบอกปัจจัยที่จำเป็นต่อการมองเห็นได้
2. สามารถยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงได้
3. สามารถวาดรังสีของแสงและอธิบายลักษณะการเดินทางของแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงได้

กิจกรรมที่ 1.1 กล่องดำ

วัตถุประสงค์: สามารถบอกปัจจัยที่จำเป็นต่อการมองเห็นได้

อุปกรณ์

1. บัตรคำ หรือ ตัวอักษรพลาสติก
2. เทปขาว
3. กล่องกระดาษ และ ผ้าสีเข้ม

คำถาม 1. ปัจจัยอะไรบ้างที่จำเป็นต่อการมองเห็น

.....

ทำนาย 2. เมื่ออยู่ในห้องที่มืดสนิท ไม่มีแสง คุณสามารถเห็นวัตถุ ในห้อง ได้หรือไม่

.....

ทดลอง 3. สร้างห้องมืด เพื่อเป็นการพิสูจน์ให้รู้ว่าความจริงเป็นอย่างไร ให้คุณสวมหน้ากากช่องกระดาษ แล้วคลุมด้วยผ้าดำเพื่อกันแสงเข้าด้านหลัง จากนั้นหลับตา ให้เพื่อนอีกคนหนึ่งนำบัตรคำหรือตัวอักษรมาติดที่ด้านหน้าของกล่องจากนั้นให้เพื่อนสวมกล่องเข้าไปยังด้านหน้าคุณ เมื่อมั่นใจว่าไม่มีแสงเข้าไปถึงกล่องแล้วให้คุณค่อยๆ ลืมตาแล้วสังเกตว่าเห็นบัตรคำหรือตัวอักษรอะไรด้านหน้าคุณหรือไม่

.....

สรุป 4 : จากการทดลองปัจจัยอะไรบ้างที่จำเป็นต่อการมองเห็น

.....

.....

.....

คำถาม 5.คุณคิดว่า “การที่บางคนกล่าวว่า หากต้องการมองเห็นวัตถุในที่มืดสนิท (*ไม่มีแสง*) จะต้องหลับตาสักครู่หนึ่งแล้ว ลืมตา เราก็จะสามารถมองเห็นได้” เป็นความคิดที่ถูกต้องหรือไม่ จงให้เหตุผล

.....

.....

.....

Note: ความคิดรวบยอดหลัก

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 1.2 เรามองเห็นลำแสงหรือไม่

จุดประสงค์: สามารถยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงได้

อุปกรณ์

1. เลเซอร์พอยเตอร์
2. แป้ง
3. ที่ฉีดละอองน้ำ

คำถาม 1. หากมีคนเปิดแสงเลเซอร์ผ่านหน้าของคุณ คุณจะมองเห็นแสงเลเซอร์หรือไม่
ทำไมถึงคิดเช่นนั้น

ทดลอง 2. ให้คุณจับคู่กับเพื่อนร่วมโต๊ะ จากนั้นให้เพื่อนของคุณเปิดเลเซอร์ให้ แนวทาง
เดินของแสงเลเซอร์ผ่าน หน้าคุณ (ระวังอย่าส่องแสงเลเซอร์ที่ตาของเพื่อน)

คำถาม 3. คุณเห็นลำแสงหรือไม่

ทดลอง 4. ให้คุณนำผงแป้งไปโรยในบริเวณที่คิดว่าเป็นแนวทางการเดินของแสง สังเกตและ
บันทึกสิ่งที่สังเกตเห็น

คำถาม 5. คุณจะอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร (จงให้เหตุผลด้วยตัวเอง)

Note: ความคิดรวบยอดหลัก

*หมายเหตุ: สิ่งที่เราวาดเพื่อแสดงการเดินทางของแสงเราเรียกว่า “รังสีของแสง”

กิจกรรมที่ 1.3 แสงจากแหล่งกำเนิด

จุดประสงค์

เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของแสงที่เดินทางจากวัตถุซึ่งสังเกตเห็นได้

อุปกรณ์

ชุดสาธิตแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุด และ ชุดเชือกแสดงการเดินทางของแสง

คำถาม 1. ในเวลาที่คุณเห็นดวงจันทร์ มีแสงมาจากดวงจันทร์หรือไม่

.....

.....

คำถาม 2. ในขณะที่คุณเห็นหน้าเพื่อน มีแสงจากหน้าเพื่อนมายังตาของคุณหรือไม่

.....

อภิปราย 3. ทำไมคุณจึงมองเห็นสิ่งของรอบตัวคุณ จงวาดรูปและอธิบายสั้นๆ ตามความเข้าใจของคุณ

.....

.....

.....

ปัจจัยภายนอกที่จำเป็นต่อการมองเห็นคือ “แสง” การที่เรามองเห็นวัตถุต่างๆ แสดงว่ามีแสงจากวัตถุเดินทางมายังตาเรา วิธีพิจารณาลักษณะของแสงที่ทำให้เราเห็น ปากกา หรือดวงอาทิตย์นั้น ต้องสมมติว่าบริเวณพื้นผิวของดินสอ หรือ ดวงอาทิตย์ นั้น ประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุดเล็กๆ หลายจุดรวมกัน ดังนั้นหากเราทราบ ลักษณะของแสงที่เดินทางจากแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุด คุณจะสามารถอธิบายว่า แสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงเล็กๆ รวมกันเป็นอย่างไร

ทดลอง 4. ให้คุณเปิดไฟชุดทดลองแล้วนำผงบ่่ง ตบให้ฟุ้งรอบๆ ชุดสาธิต แล้ววาดรูปแสดงทิศทางการเดินทางของแสงที่สังเกตเห็น และอธิบายลักษณะดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

Note: ความคิดรวบยอดหลัก

.....



เรื่องที่ 2 การสะท้อนของแสง

วัตถุประสงค์หลัก

1. สามารถอธิบายลักษณะของแสงที่สะท้อนจากวัตถุที่มีผิวเรียบ ผิวโค้ง และผิวขรุขระได้
 2. สามารถใช้กฎการสะท้อนของแสงเขียนและระบุรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน มุมตกกระทบ และมุมสะท้อนที่ผิวของวัตถุที่มีผิวเรียบ ผิวโค้ง และผิวขรุขระได้
-

กิจกรรมที่ 2.1 การสะท้อนแสงบนวัตถุที่มีผิวราบเรียบ

จุดประสงค์

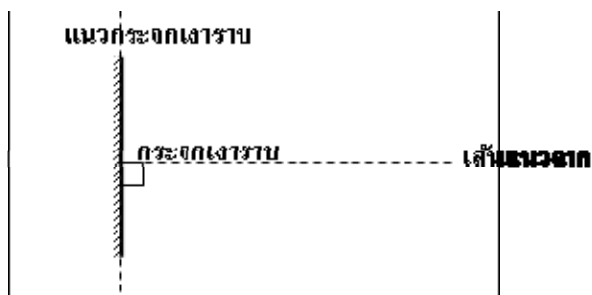
1. เพื่อให้สังเกตลักษณะของแสงที่สะท้อนบนผิวสะท้อนที่ราบเรียบ
2. เพื่อให้อธิบายได้ว่ามุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีค่าเท่ากัน
3. เพื่อให้บอกได้ว่าเส้นแนวฉากของผิวสะท้อนแบบราบเรียบมีลักษณะอย่างไร

อุปกรณ์ ชุดการทดลองเรื่องการสะท้อนแสงบนวัตถุที่มีผิวเรียบ ประกอบไปด้วย

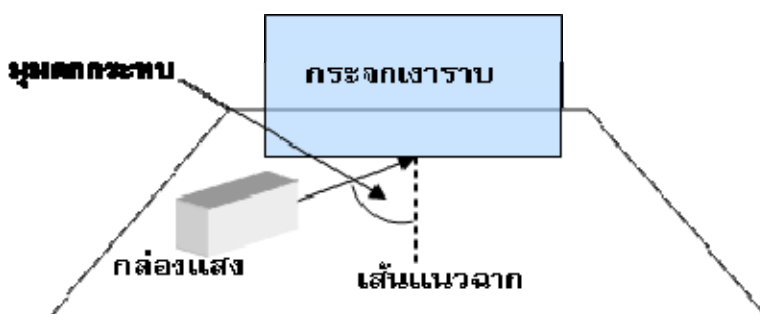
1. กล้องแสง หรือ เลเซอร์ พอยเตอร์
2. ไมโครแทกเตอร์ครึ่งวงกลม
3. แผ่นสะท้อนผิวราบเรียบ(กระจกเงาราบ)
4. กระดาษ A4

ทดลอง 1 ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มมารับชุดการทดลองเรื่อง “การสะท้อนแสงบนผิววัตถุที่เรียบ” จากนั้นให้นำกระจกเงาราบไปวางไว้บนกระดาษ A4 จากนั้นใช้ปากกาวาดแนวของกระจกที่วางตั้งฉากกับกระดาษ (อาจใช้ตัวหนีบกระดาษหนีบกระจกเงาเพื่อตั้งกระจก)

ทดลอง 2 เลือกจุดที่จะให้แสงจากกล่องแสงหรือเลเซอร์ ตกกระทบ จากนั้นวาดเส้นประให้ตั้งฉากกับผิวกระจก ณ จุดที่เลือก เส้นประ ที่ตั้งฉากกับผิวสะท้อน ซึ่งเรียกว่า “เส้นแนวฉาก”



ทดลอง 3 จากนั้นให้คุณใช้เลเซอร์ หรือเปิดกล่องแสงโดยให้เป็นลำแสงเส้นเดียว ส่องไปตกกระทบกับกระจกเงาราบเป็นมุม 30 องศา เมื่อคุณเห็นแนวของแสงที่สะท้อนให้ใช้ดินสอ จุด ประเป็นแนว แล้วลากเส้นที่ทับทับแนวดังกล่าว



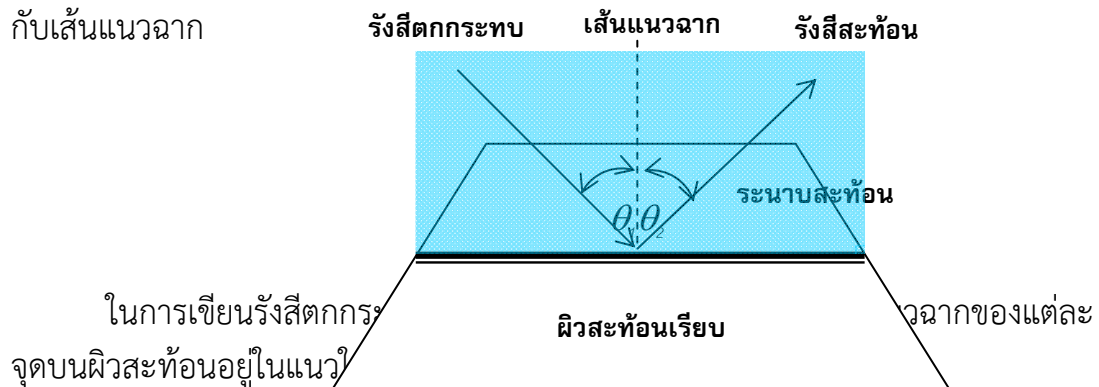
ทดลอง 4 วัดมุมระหว่างแสงที่สะท้อนเทียบกับเส้นแนวฉาก แล้วบันทึกผลการทดลอง

มุมตกกระทบ (องศา)	มุมสะท้อน (องศา)
30	
45	
60	
แนวเดียวกับเส้นแนวฉาก	

คำถาม 5. มุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....
..

กฎการสะท้อนของแสงกล่าวว่า มุมตกกระทบมีขนาดเท่ากับมุมสะท้อน โดยที่รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน และมุมทั้งสองวัดเทียบกับเส้นแนวฉาก



ลักษณะของพื้นผิวสะท้อนที่ต่างกันจะมีเส้นแนวฉากอยู่ในแนวที่ต่างกัน เส้นแนวฉากของจุดใดๆ บนผิวสะท้อนคือ “แนวเส้นสมมติที่ตั้งฉากกับผิวสะท้อน ณ จุดๆ นั้น”

กิจกรรมที่ 2.2 การสะท้อนของแสงบนวัตถุผิวโค้ง

จุดประสงค์

1. เพื่อให้สามารถเขียนรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนของผิวสะท้อนลักษณะโค้งเว้า และโค้งนูนได้
2. เพื่อให้สามารถอธิบายได้ว่าเส้นแนวฉากบนผิวสะท้อนแต่ละตำแหน่งมีเส้นแนวฉากที่ต่างทิศทางกัน

อุปกรณ์

1. กล้องแสง
2. ผิวสะท้อนโค้งนูน
3. ผิวสะท้อนโค้งเว้า
4. กระดาษวาดแนวรังสี
5. ไมโครแทกเตอร์ครึ่งวงกลมสำหรับวัดมุม

ทดลอง 1 ให้นักเรียนวางผิวสะท้อนโค้งนูนที่กระดาษและทำให้ผิวสะท้อนนั้นอยู่นิ่งๆ อาจใช้เทปกาวยึดกับกระดาษดังกล่าว จากนั้นใช้ดินสอวาดแนวการวางของผิวสะท้อนดังกล่าว

ทดลอง 2 จากนั้นให้แต่ละกลุ่มเลือกจุด 1 จุด ของผิวสะท้อนโค้งนูนนั้น จากนั้นให้ค้นหาเส้นแนวฉาก ณ จุดบนผิวสะท้อนนั้นโดยใช้ความรู้ว่า “เส้นแนวฉาก เป็นแนวที่รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนทับกัน”

ทดลอง 3 ให้คุณใช้แสงลำเดี่ยวส่องไปยังจุดสะท้อนมุมเท่าใดก็ได้ แล้วใช้ดินสอหรือปากกาเขียนเส้นประ ตามแนวของแสงตกกระทบและแสงสะท้อน ของทั้งสองจุด จากนั้นวัดมุมตกกระทบและมุมสะท้อน (บันทึกลงในตารางบันทึกผล)

ผิวสะท้อนนูน

จุดที่	มุมตกกระทบ (องศา)	มุมสะท้อน (องศา)
1		
2		
3		
4		
5		

ทดลอง 4 เปลี่ยนจากผิวโค้งนูน เป็นผิวโค้งเว้า ให้คุณใช้แสงลำเดี่ยวส่องไปยังจุดสะท้อนมุมเท่าใดก็ได้ แล้วใช้ดินสอหรือปากกาเขียนเส้นประ ตามแนวของแสงตกกระทบและแสงสะท้อน ของทั้งสองจุด จากนั้น วัดมุมตกกระทบและมุมสะท้อน (*บันทึกลงในตารางบันทึกผล*)

ผิวสะท้อนเว้า

จุดที่	มุมตกกระทบ (องศา)	มุมสะท้อน (องศา)
1		
2		
3		
4		
5		

คำถาม 5. จากการทดลองการสะท้อนบนผิวสะท้อนที่มีลักษณะโค้งนูนและโค้งเว้า มุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

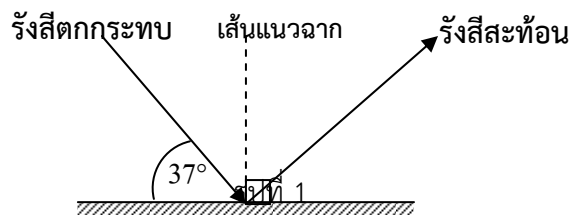
.....

.....

คำถาม 6. คุณคิดว่าหลักการที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ยังสามารถใช้อธิบายการสะท้อนแสงบนผิวสะท้อนที่ขรุขระได้หรือไม่ อย่างไร

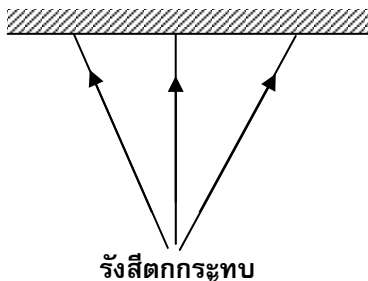
แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม

จงใช้รูปที่ 1 ตอบคำถามข้อ 1-3

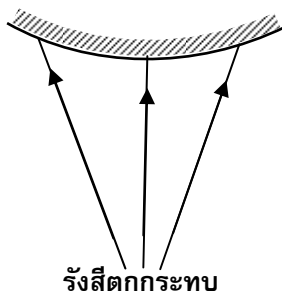


1. จากรูปที่ 1 จงใช้ปากกาเขียนมุม ตกกระทบและมุมสะท้อน
2. มุมตกกระทบมีค่า.....องศา
3. มุมสะท้อนมีค่า.....องศา
4. จงวาดรังสีสะท้อนของรังสีที่ตกกระทบบนผิวลักษณะต่างๆ ต่อไปนี้

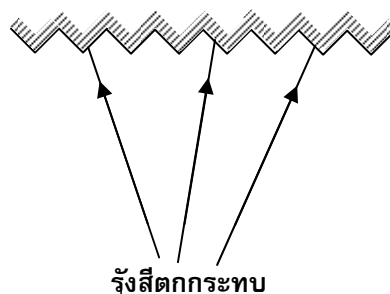
ผิวสะท้อนเรียบ



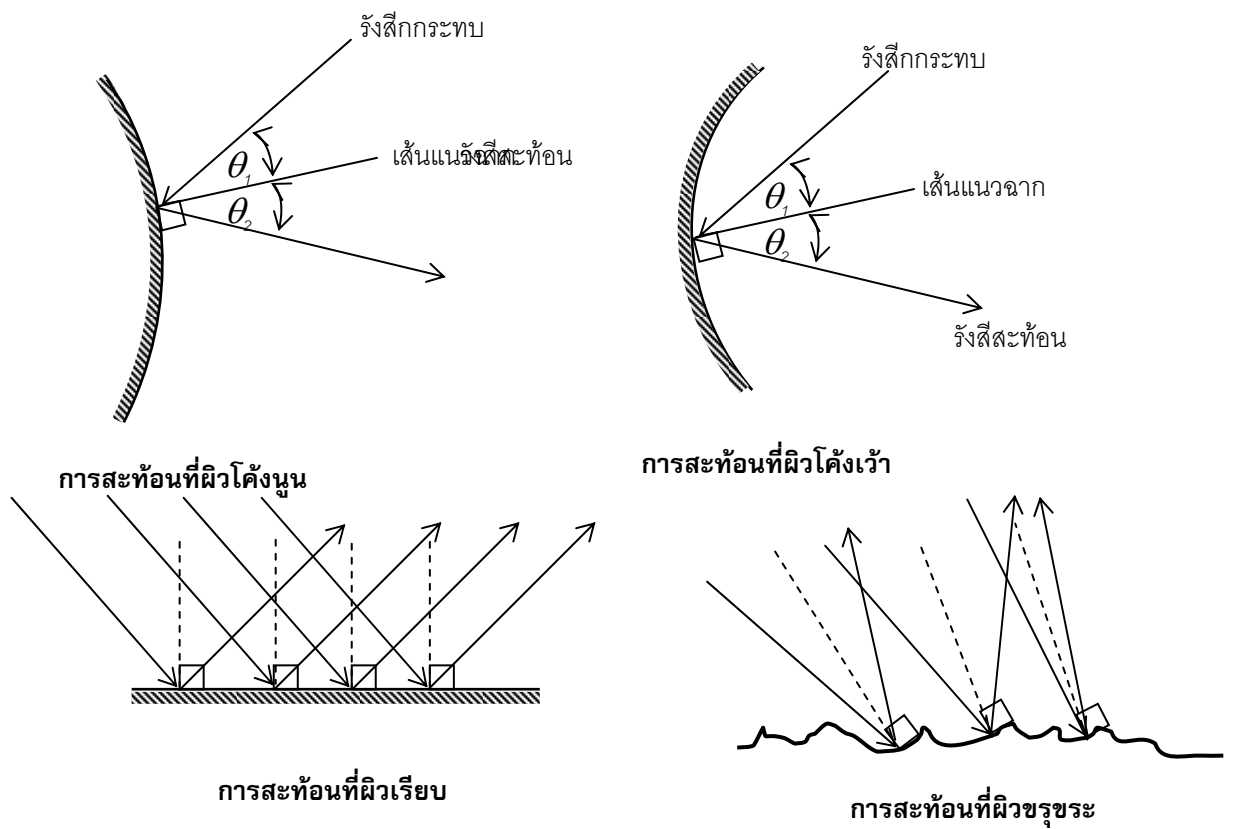
ผิวสะท้อนโค้ง



ผิวสะท้อนขรุขระ



ลักษณะของพื้นผิวสะท้อนที่ต่างกันจะมีเส้นแนวฉากอยู่ในแนวที่ต่างกัน เส้นแนวฉากของจุดใดๆ บนผิวสะท้อนคือ “แนวเส้นสมมติที่ตั้งฉากกับผิวสะท้อน ณ จุดๆ นั้น” การสะท้อนของแสงที่วัตถุผิวเรียบ โค้ง และผิวขรุขระนั้นเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสงเสมอ



ทดลอง 7 ปรับลำแสงของกล่องแสงให้เป็นลำแสงขนานหลายๆ ลำ จากนั้นส่องไปยังผิวสะท้อนที่ **เว้า** จากนั้นสังเกตและวาดรูปแนวลำแสงที่ตกกระทบและสะท้อนออกมา

ทดลอง 8 ปรับลำแสงของกล่องแสงให้เป็นลำแสงขนานหลายๆ ลำ จากนั้นส่องไปยังผิวสะท้อนที่ **นูน** จากนั้นสังเกตและวาดรูปแนวลำแสงที่ตกกระทบและสะท้อนออกมา

เรื่องที่ 3 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

วัตถุประสงค์หลัก

1. สามารถบอกตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนจากวัตถุที่มีผิวราบเรียบได้
2. สามารถบอกลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้

กิจกรรมที่ 3.1 ตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

จุดประสงค์

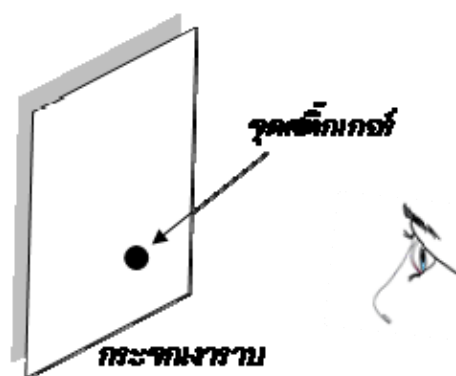
1. เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบได้
2. เพื่อให้ทราบว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีขนาด ความสูงและวัตถุ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
3. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของภาพและระยะห่างของวัตถุ

ชุดอุปกรณ์การหาภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบซึ่งประกอบไปด้วย

1. สติกเกอร์
2. กระจกเงาราบ
3. กระจกสีชา
4. ตัวหนีบ
5. แท่งไม้

ทดลอง 1. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มรับกระจกเงาราบไปแล้วให้นำกระดาษ หรือสติกเกอร์ที่เป็นจุด

เล็กๆ แปะไว้ที่ผิวหน้ากระจกเงาราบ



ทดลอง 2. ให้คุณมองภาพของตัวเองกับจุดติดสติกเกอร์ที่แปะไว้บนผิวของกระจกเงาราบพร้อมกัน แต่สลับการเพ่งระหว่างภาพของเราที่เกิดจากกระจกเงาราบและสติกเกอร์

คำถาม 3 เมื่อคุณมองภาพของตัวเองสลับกับการมองจุดติดสติกเกอร์ที่แปะไว้บนผิวของกระจกเงาราบ ความชัดของสิ่งที่ได้เพ่งในแต่ละครั้งเป็นอย่างไร

.....

.....

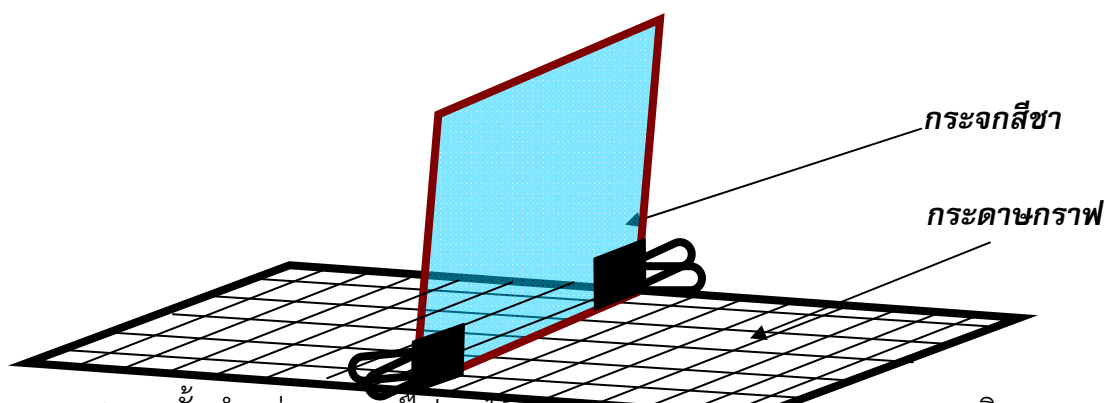
.....

คำถาม 4 จากการทดลองดังกล่าว คุณคิดว่าตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบอยู่ที่ตำแหน่งผิวกระจกหรือไม่

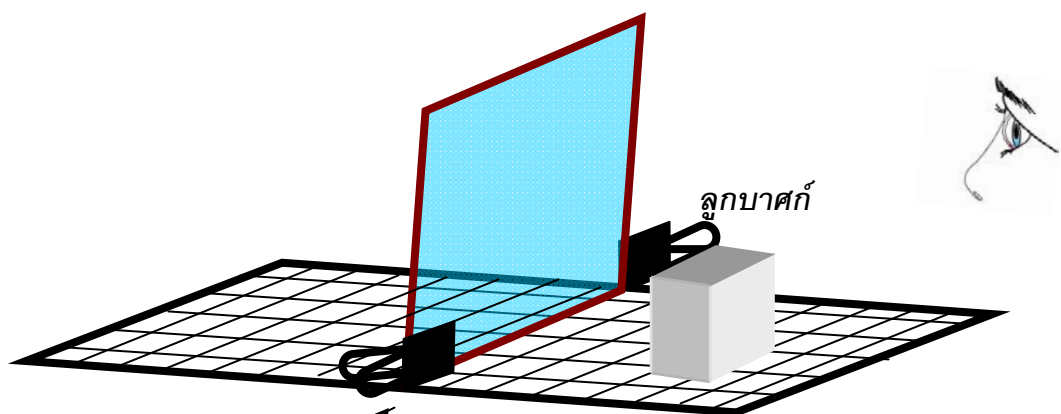
.....

.....

ทดลอง 5 จากนั้นให้คุณนำตัวหนีบ หนีบกระจกสีชาแล้วนำมาตั้งไว้ตรงกลางของกระดาษกราฟ



ทดลอง 6 จากนั้นนำแท่งลูกบาศก์ไปวางไว้ระยะห่างจากกระจกเงาราบ 5 เซนติเมตร



คำถาม 7 ภาพของแท่งไม้ผู้นั้นอยู่ที่ใด โดยสังเกตจากภาพที่เกิดขึ้นที่กระจกสีชา จงอธิบาย

5 เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

แท่งไม้ก้อนหนึ่งที่มีเหมือนกับวัตถุ ทั้งขนาดและความสูง แต่สีแตกต่างกันเท่านั้น (เรียกแท่งไม้นี้ว่า “marker”) ครูให้นักเรียน นำ marker ไปวางให้ทับกับภาพที่ปรากฏอยู่ด้านหลังของกระจก

ทดลอง 8 ให้แต่ละกลุ่มทดลองวางวัตถุที่ระยะห่างจากกระจก 3 ระยะ จากนั้นนำ marker ไปวางที่ตำแหน่งภาพที่สังเกตเห็นโดยบันทึกผลการทดลอง

ระยะวัตถุ(เซนติเมตร)	ระยะภาพ (เซนติเมตร)
3 เซนติเมตร	
5 เซนติเมตร	
7 เซนติเมตร	

คำถาม 9 จากการผลการทดลองว่า ระยะห่างของภาพ และวัตถุเมื่อเทียบกับกระจกมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

คำถาม 10 ขนาดของวัตถุและขนาดของภาพเมื่อเปรียบเทียบกับกันมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ทดลอง 11 ให้แต่ละกลุ่มทดลองวางวัตถุที่ระยะห่างจากกระจก 5 เซนติเมตร จากนั้นให้คุณสังเกต ขนาดภาพโดยใช้ marker จากนั้น ให้คุณเดินถอยหลังออกห่างจากวัตถุ แล้วสังเกตขนาดของภาพ

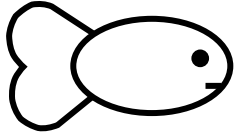
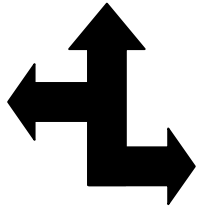
คำถาม 12 ขนาดของภาพเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

ทดลอง 13 ให้แต่ละกลุ่มทดลองวางวัตถุที่ระยะห่างจากกระจก 5 เซนติเมตร จากนั้นให้คุณสังเกต ขนาดภาพโดยใช้ marker แล้วเปลี่ยนตำแหน่งการมองภาพไปทางด้านข้าง

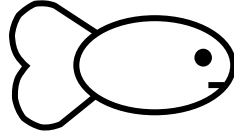
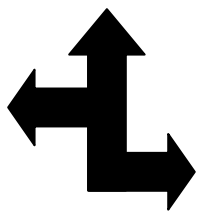
คำถาม 14 ขนาดของภาพและตำแหน่งของภาพเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

ทำนาย 15 จงเขียนลักษณะของภาพที่คุณคิดว่าจะปรากฏในกระจกเงา

วัตถุ	ภาพ
F	

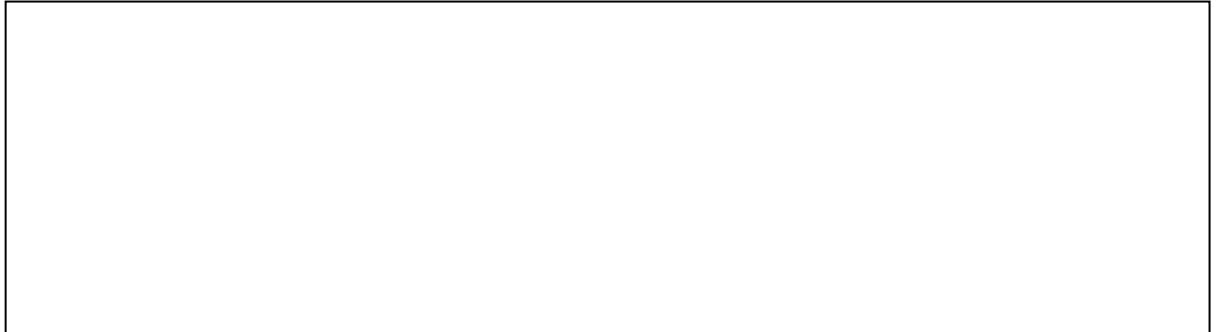
ทดลอง 16

วัตถุ	ภาพ
	
	
	

คำถาม 17 ลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบแตกต่างกับวัตถุอย่างไร จงอธิบาย

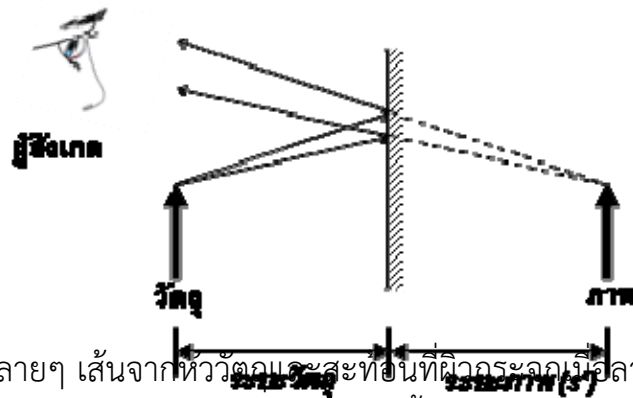
.....

.....
.....
คำถาม 18 จงเขียนประโยคต่อไปนี้ ที่มองเห็นจากกระจกเงาราบ YOU ARE SO COOL



มนุษย์รับรู้ มองเห็นวัตถุต่างๆ และจดจำ ทั้งขนาด รูปร่าง และสามารถหยิบจับได้ แสงจากวัตถุจะพุ่งออกมาหลายเส้นทุกทิศทุกทาง สำหรับทุกจุดของผิวสะท้อน หากลักษณะของแสงที่เข้ามาเข้าตามีลักษณะคล้ายกับกรณีที่แสงจากวัตถุมาเข้าตา โดยตรง แต่ว่ามนุษย์ไม่สามารถหยิบจับสิ่งนั้นได้ จะเรียกสิ่งนั้นว่า “ภาพ”

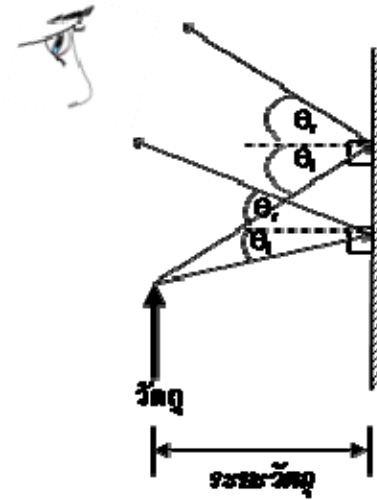
1.ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเป็นภาพเสมือน(ภาพที่ไม่สามารถนำออกมาจับได้ เนื่องจากไม่มีแสงมารวมกัน ณ จุดที่ปรากฏเป็นภาพ) อยู่ด้านหลังกระจกซึ่งมีขนาดและความสูงเท่ากับวัตถุ นอกจากนั้นระยะห่างของภาพเทียบกับกระจกในแนวฉากจะเท่ากับระยะของวัตถุเทียบกับกระจกในแนวฉากเช่นกัน



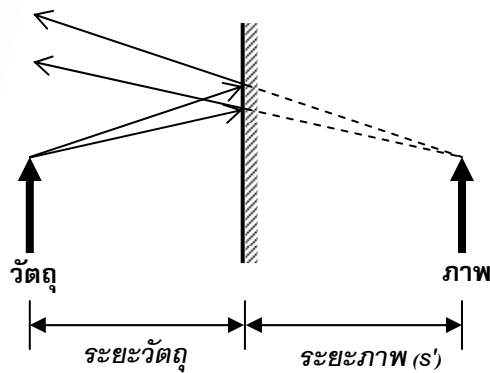
2.หากวาดรังสีหลายๆ เส้นจากหัววัตถุและสะท้อนที่ผิวกระจก แล้วลากเส้นประต่อจากเส้นรังสี สะท้อนไปทางด้านหลังกระจก เส้นประเหล่านี้ทุกเส้น จะไปตัดกันที่หัวของภาพ

3.เราสามารถวาดรังสีแสดงตำแหน่งของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงของกระจกเงาราบได้โดยการ ลากเส้นรังสีของแสงออกมาจากวัตถุ ณ จุดใดจุดหนึ่งหลายๆ รังสี (ในกรณีนี้ใช้สองรังสีซึ่งลากออกมาจากหัววัตถุ) เมื่อรังสีนั้นตกกระทบกับกระจกเงาราบจะสะท้อนออกมาตามกฎของการสะท้อน นั่นคือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังรูปด้านล่าง

ผู้สังเกต

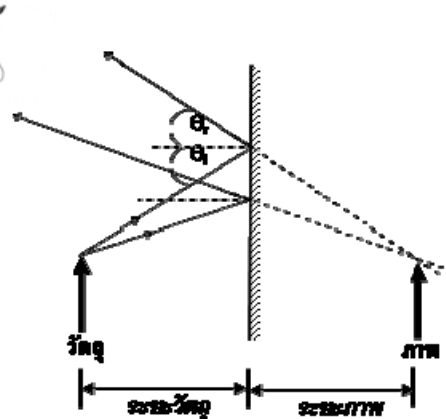


ผู้สังเกต



4. จากนั้นการที่มนุษย์เรียนรู้ว่า แสงเดินทางเป็นเส้นตรง เมื่อลากเส้นประต่อจากรังสีสะท้อนมาทางด้านหลังกระจก แนวเส้นประจะตัดกันที่จุดหนึ่ง ซึ่งจุดนั้นจะเป็นตำแหน่งของภาพ เรียกว่าภาพเสมือน เนื่องจากว่า ไม่มีแสงมาตัดกัน ณ ตำแหน่งนั้นจริง

ผู้สังเกต



5. ระยะวัตถุกับระยะภาพมีขนาดที่เท่ากัน
6. ภาพที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงที่ผิวกระจกเงาราบนั้น เป็นภาพเสมือนเพราะว่าไม่มีรังสีใดเลยที่มาจากวัตถุไปตัดกันจริงที่บริเวณตำแหน่งภาพ
7. ภาพที่เกิดจากการสะท้อนที่ผิวกระจกเงาราบเป็นภาพที่กลับซ้าย - ขวา

เรื่องที่ 4 “ภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้ง”

วัตถุประสงค์หลัก

สามารถอธิบายลักษณะของภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนที่มีลักษณะโค้งนูน-เว้าได้

กิจกรรมที่ 4.1 “ภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้งนูน-เว้า”

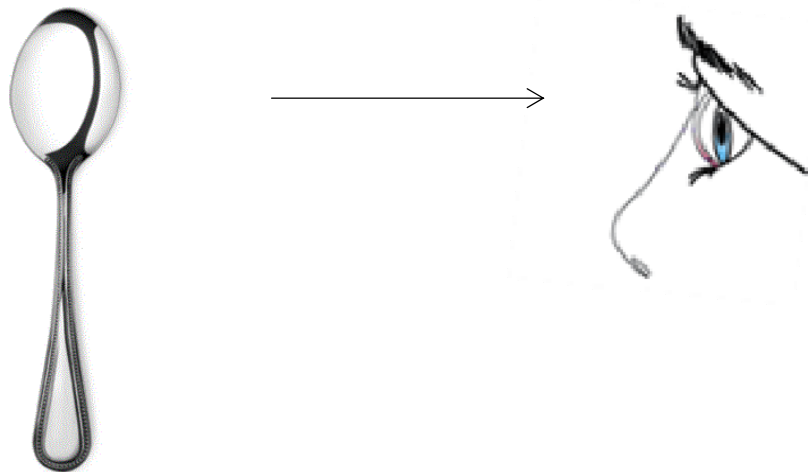
จุดประสงค์

สามารถบอกลักษณะของภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนที่โค้งนูน-เว้าได้

อุปกรณ์

1. ผิวสะท้อนที่โค้ง (ช้อน)
2. สายวัด

ทดลอง 1 ถือช้อนที่เป็นส่วนเว้าไว้หาค้น จากนั้นค่อยๆ เคลื่อนช้อนเข้าใกล้คุณ สังเกตและบันทึกลักษณะของภาพในแต่ละระยะ (ระยะสุดท้ายให้ใกล้ตาคุณมากที่สุด)



[illegible]

ทดลอง 2 ถือข้อที่เป็นส่วน^{บน}ไว้ห่างคุณ จากนั้นค่อยๆ เคลื่อนข้อเข้าใกล้คุณ สังเกตและบันทึกลักษณะของภาพในแต่ละระยะ (ระยะสุดท้ายให้ใกล้ตาคุณมากที่สุด)

ระยะห่างจากคุณ (เซนติเมตร)	ลักษณะของภาพ	
	ขนาดเทียบกับวัตถุ	การกลับหัวหรือหัวตั้ง เทียบกับวัตถุ

คำถา
ม 3

จากการทดลองดังกล่าวสรุปเกี่ยวกับลักษณะของภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนโค้งและผิวสะท้อนที่เว้าได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

*****ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งเว้านั้นมีได้ทั้งภาพจริงละภาพเสมือน ขึ้นอยู่กับระยะของวัตถุที่วางไว้อยู่หน้ากระจกโค้งเว้า สำหรับภาพที่เกิดจากกระจกนูนเป็นภาพเสมือนหัวตั้งที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุทุกๆ ระยะ

เรื่องที่ 5 “การหักเหของแสง”

วัตถุประสงค์หลัก

1. สามารถอธิบายลักษณะของลำแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสต่างชนิดกัน
2. สามารถเขียนทิศทางของลำแสงที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกันได้อย่างถูกต้อง

กิจกรรมที่ 5.1 “พฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน”

จุดประสงค์

สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางโปร่งใสที่ต่างชนิดกัน จะเกิดการหักเหของแสง

อุปกรณ์

1. แท่งพลาสติกโปร่งใส
2. กล่องแสง
3. กระดาษ A4
4. แก้วน้ำ เหยียน

ทดลอง 1 ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มจ้องมองไปที่กันแก้ว ซึ่งในแนวเอียงดังภาพ แต่ว่าขณะที่มองนั้นจะไม่สามารถเห็นเหรียญได้



ทดลอง 2 ต่อจากนั้นให้เพื่อนในกลุ่มค่อยๆ เทน้ำใส่ลงไปโดยที่ผู้สังเกตไม่ได้เปลี่ยนตำแหน่งการสังเกตสังเกตว่าจะเกิดอะไรขึ้น

.....

.....

คำถาม 3 ปรากฏการณ์ที่คุณเห็นเกิดขึ้นได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

คำถาม 4 ระหว่างพลาสติกและอากาศตัวกลางใดที่มีความหนาแน่นมากกว่ากัน ทราบได้อย่างไร

.....

.....

คำถาม 5 แวนตาดำเป็นตัวกลาง โปร่งใส หรือว่าโปร่งแสง ทราบได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

ทดลอง 6 นำกล่องแสงที่บังคับให้เป็นลำแสงเดี่ยวหรือเลเซอร์ส่องผ่านแผ่นพลาสติก รูปทรงสี่เหลี่ยม แล้ววาดรังสีตามแนวของลำแสงที่ออกจากกล่องแสง ตกกระทบและผ่านเข้าไปยังแท่งพลาสติก (ทดลอง หลายๆ มุมตกกระทบ)

ทดลอง 7 วัดมุมที่แนวแสงตกกระทบบและแนวแสงที่หักเห เทียบกับเส้นแนวฉากโดยใช้โปรแกรมเตอร์ครึ่งวงกลม

มุมตกกระทบบ (องศา)	มุมหักเห (องศา)

ทดลอง 8 นำกล่องแสงที่บังคับให้เป็นลำแสงเดี่ยวหรือเลเซอร์ส่องผ่านแผ่นพลาสติกรูปทรงสี่เหลี่ยม แล้วรังสีตามแนวของลำแสงที่ออกจากกล่องแสงหรือออกจากเลเซอร์ ตกกระทบบและผ่านเข้าไปยังแท่งพลาสติก พิจารณาให้แสงที่เข้าไปยังพลาสติกเป็นแสงที่ตกกระทบบ และแสงที่ออกจากพลาสติกเป็นแสงที่หักเห (ทดลอง หลายๆ มุมตกกระทบบ)

ทดลอง 9 วัดมุมที่แนวแสงตกกระทบบและแนวแสงที่หักเห เทียบกับเส้นแนวฉากโดยใช้โปรแกรมเตอร์ครึ่งวงกลม

มุมตกกระทบบ (องศา)	มุมหักเห (องศา)

คำถาม 10 มุมตกกระทบบและมุมหักเห เมื่อแสงเดินทางจากอากาศไปยังพลาสติกเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

คำถาม 11 มุมตกกระทบและมุมหักเห เมื่อแสงเดินทางจากพลาสติกไปยังอากาศเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

ความคิดรวบยอด

1. การหักเหของแสงคือการเปลี่ยนทิศทางเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางโปร่งแสงต่างชนิดกัน
2. การเปลี่ยนแปลงทิศทางของแสงเกิดขึ้นเนื่องจากแสงเดินทางด้วยความเร็วไม่เท่ากันในตัวกลางต่างชนิดกัน
3. ถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย ลำแสงจะเบนออกจากเส้นแนวฉากระหว่างรอยต่อของตัวกลางสองชนิด
4. ถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก ลำแสงจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉากระหว่างรอยต่อของตัวกลางสองชนิด
5. เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยและทำให้ลำแสงเบนออกไปทำมุมกับเส้นแนวฉากเท่ากับ 90 องศา มุมตกกระทบนั้นเรียกว่า **มุมวิกฤต (critical angle)**
6. เมื่อแสงตกกระทบเป็นมุมขนาดที่มีมากกว่า มุมวิกฤต จะทำให้แสงมีการสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิมทั้งหมด เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **การสะท้อนกลับหมด (total internal refraction)**