

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อดังนี้ ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงเชิงเรขาคณิต ความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับแสงเชิงเรขาคณิต เช่น การสะท้อนและการหักเหของแสง แบบประเมินความเข้าใจเชิงแนวคิดเรื่องแสงเชิงเรขาคณิต งานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในหัวข้อแสงเชิงเรขาคณิต แนวทางการประเมินผลการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน มีรายละเอียดดังนี้

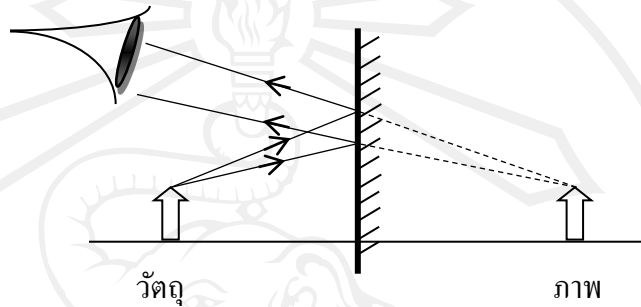
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงเชิงเรขาคณิต

วัตถุในธรรมชาติจำนวนหนึ่ง เช่น ดวงจันทร์, ดวงดาว ที่เรามองเห็น ไม่ใช่จุดกำเนิดแสง เพราะว่า ดวงจันทร์, ดวงดาว ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วสะท้อนมาสู่ตาเรา วัตถุต่าง ๆ เช่น คน สัตว์ วัตถุ ต้นไม้ และต่าง ๆ ไม่ใช่จุดกำเนิดแสง เราเห็นวัตถุแต่ละอันได้เป็นเพราะแสงจากจุดกำเนิดแสงกระทบไปวัตถุนั้นแล้วสะท้อนมาสู่ตาเรา ซึ่งในขณะที่แสงเกิดการสะท้อนก็มีแสงจำนวนหนึ่งที่เกิดการหักเหเข้าไปในตัวกลาง ในแต่ละกรณีเส้นรังสีของแสงที่ออกจากจุดบนวัตถุถูกเบนไปโดยการสะท้อนหรือการหักเห ทำให้เกิดจุดตัดกันจุดนั้น เรียกว่า ภาพ ซึ่งเป็นกรณีที่เราจะได้ศึกษาในงานวิจัยนี้

การเข้าใจภาพและการเกิดภาพ จำเป็นต้องอาศัย (1) แบบจำลองเส้นรังสีแสง (2) กฎการสะท้อนและการหักเห (3) เรขาคณิตและตรีโกณมิติอย่างง่ายเรขาคณิตมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์การเกิดภาพ ทำให้การศึกษาเกี่ยวกับแสงโดยการประมาณด้วยเส้นรังสีแสง เรียกว่า ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต [5] การเรียนการสอนแสงเชิงเรขาคณิตนิยมเริ่มต้นสอนการเกิดภาพจากกระจกเงาระนาบ ซึ่งเป็นอุปกรณ์แสงที่ทำให้เกิดภาพที่ง่ายที่สุด ต่อไปก็เป็นการเกิดภาพของกระจกโค้งและเลนส์บาง หัวข้อเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่ทำให้เข้าใจอุปกรณ์แสงที่เราคุ้นเคยอีกหลายอย่าง

2.1.1 การเกิดภาพของกระจกเงาระนาบ

อยู่ด้านหน้าของกระจกเงาระนาบ เราสังเกตเห็นวัตถุต่าง ๆ อยู่หน้ากระจกเงาระนาบจะเห็นทั้งวัตถุและภาพ เห็นวัตถุเนื่องจากมีแสงสะท้อนจากวัตถุมาใส่ตาเรา ส่วนการมองเห็นภาพของวัตถุในกระจกนั้น เพราะว่ามีแสงจากวัตถุไปกระทบกับกระจกแล้วสะท้อนมาใส่ตาเราอีกครั้งหนึ่ง เหมือนกับว่าแสงเดินทางมาจากจุดหนึ่งที่อยู่เบื้องหลังกระจก ซึ่งเรียกว่า จุดเกิดภาพของวัตถุ



รูป 2.1 ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาระนาบ

2.1.2 ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

การหาตำแหน่งภาพของวัตถุ มีขนาดและอยู่หน้ากระจกเว้า

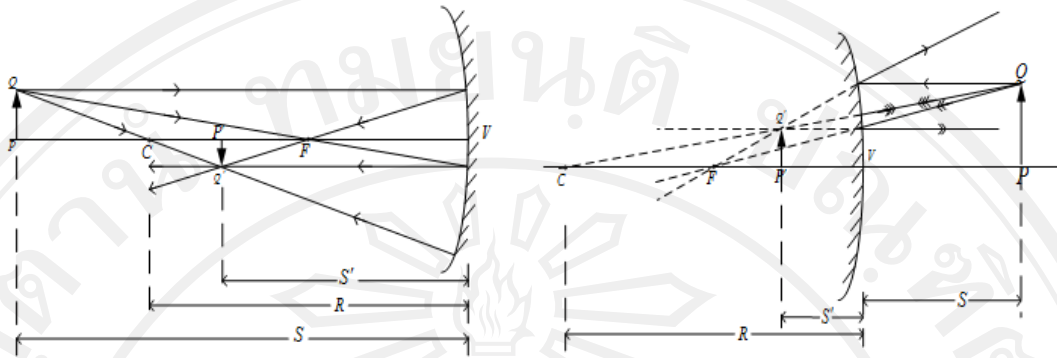
- 1) เขียนรังสีตกกระทบจากวัตถุในแนวขนานกับแกนमुखสำคัญถึงผิวกระจกเงา แล้วเขียนรังสีสะท้อนจากผิวกระจกเงาไปผ่านจุดโฟกัส
- 2) เขียนรังสีตกกระทบจากวัตถุไปผ่านจุดโฟกัสถึงผิวกระจกเงา แล้วเขียนรังสีสะท้อนจากผิวกระจกโค้งขนานแกนमुखสำคัญ
- 3) เขียนรังสีตกกระทบจากวัตถุผ่านศูนย์กลางความโค้งถึงผิวกระจกโค้ง แล้วเขียนรังสีสะท้อนจากผิวกระจกโค้งย้อนกลับทางเดิม

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ (S) ระยะภาพ (S') และระยะความยาวโฟกัส (f) เป็นไปตามสมการ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \quad (2.1)$$

เมื่อ M แทนการกำลังขยาย ที่สัมพันธ์กับระยะวัตถุและระยะภาพ และขนาดวัตถุ (S) และขนาดภาพ (S')

$$M = -\frac{S'}{S} \quad (2.2)$$

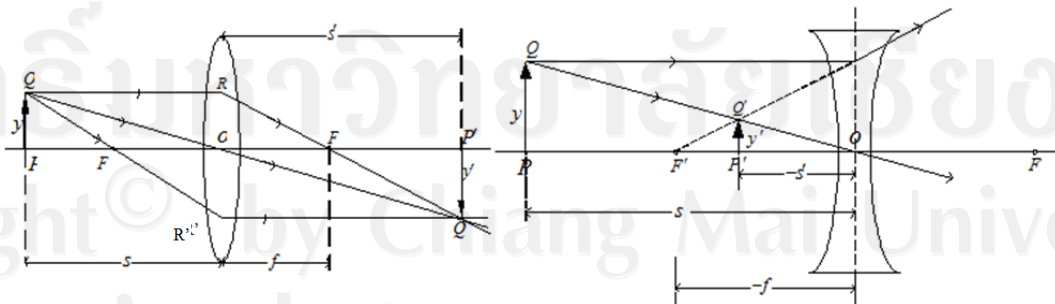


รูป 2.2 ตำแหน่งที่เกิดภาพของกระจกโค้งเว้าและกระจกโค้งนูน

2.1.3 เลนส์บาง

เลนส์บางทำจากแก้วหรือพลาสติกใส อาจจะมีผิวเป็นส่วนโค้งทั้งสองด้านหรือเป็นผิวระนาบด้านหนึ่ง มีทั้งเลนส์นูนและเลนส์เว้า ซึ่งเลนส์นูนคือเลนส์ที่มีส่วนกลางหนากว่าขอบ มีสมบัติรวมแสง เลนส์เว้าคือเลนส์ที่มีส่วนกลางบางกว่าขอบ มีสมบัติกระจายแสง การหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์ทั้งสองชนิดอาจจะหาได้จากการวาดรูปหรือการคำนวณ ได้โดยวิธีการวาดรูปนั้น มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เขียนเส้นรังสีที่ขนานกับแกนमुखสำคัญ (QR รูป 2.3 ซ้าย) เมื่อเดินทางจากวัตถุถึงเส้นกึ่งกลางเลนส์แล้วจะหักเหเข้าสู่จุดโฟกัสของเลนส์ (RQ' รูป 2.3 ซ้าย)
2. เขียนเส้นรังสีที่เดินทางผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์แล้วจะไม่เบี่ยงเบน (QQ' รูป 2.3 ซ้าย) จุดที่เส้นรังสีทั้งสองจริงตัดกันจะเป็นภาพจริง (รูป 2.3 ซ้าย) แต่จุดที่เส้นรังสีทั้งสองเสมือนตัดกันจะเป็นภาพเสมือน (รูป 2.3 ขวา)
3. เขียนเส้นรังสีเดินทางจากวัตถุผ่านจุดโฟกัสหน้าเลนส์ (QR' รูป 2.3 ซ้าย) เมื่อเดินทางเส้นกึ่งกลางเลนส์แล้วจะหักเหออกไป (R'Q' รูป 2.3 ซ้าย) ขนานกับแกนमुखสำคัญ (PP' รูป 2.3 ซ้าย)



รูป 2.3 แสดงการเกิดภาพผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \quad (2.3)$$

2.1.4 แบบประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในหัวข้อแสงเชิงเรขาคณิต

แบบประเมินความเข้าใจของผู้เรียนแสงเชิงเรขาคณิตหรือ Light and Optics Conceptual Evaluation (LOCE) ที่พัฒนาโดย David Sokoloff [9] มีทั้งหมด 25 ข้อ เป็นแบบปรนัยมีตัวเลือกตอบ 6 ตัวเลือก ใช้ประเมินความเข้าใจเรื่องแสงเชิงเรขาคณิตมีเนื้อหาดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 แสดงเนื้อหาย่อยในแบบทดสอบและข้อคำถาม

ลำดับ	เนื้อหา	คำถามข้อที่
1	การเกิดภาพของกระจกทรงกลม	1-5
2	การหักเหของแสง	6-10
3	การเกิดภาพของเลนส์ (สมการเลนส์บาง)	11-15
4	การเกิดภาพของเลนส์ (ความเข้าใจคลาดเคลื่อน)	16-25

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาเป็นงานวิจัยที่วิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ ทั้งในระดับมัธยมและระดับอุดมศึกษา ซึ่งโดยส่วนใหญ่ล้วนแต่มาจากปัญหาหรืออุปสรรคในการสอนฟิสิกส์ที่หลังจากสอนไปแล้วนักเรียนไม่มีความเข้าใจหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาฟิสิกส์ ตลอดจนปัญหาเกี่ยวกับการขาดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน พบว่ามีงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแสงเชิงเรขาคณิตและเป็นพื้นฐานสำหรับบริบทของงานวิจัยนี้ได้แก่

2.2.1 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

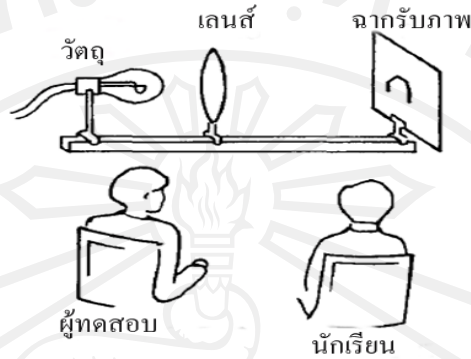
Goldberg และ McDermott [6] ในปี ค.ศ. 1987 ได้ทำการสำรวจความเข้าใจของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เรียนฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัยวอชิงตัน ประเทศอเมริกา ว่ามีความเข้าใจภาพจริงที่เกิดจากเลนส์นูนและกระจกเว้าอย่างไร โดยใช้ 4 คำถามการสัมภาษณ์ประกอบการสาธิต และมีการทดสอบนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องแสงเชิงเรขาคณิต ในหัวข้อเลนส์นูน คำถามแรกเป็นเรื่องของการนำความรู้เรื่องการรวมแสงของเลนส์นูนมาอธิบายการเกิดภาพ คำถามที่สองต้องการศึกษาทักษะของนักเรียนในการใช้หลักการวาดเส้นรังสีแสงในเลนส์นูน คำถามที่สามต้องการศึกษาว่านักเรียนมีความเข้าใจหลักการเกิดภาพอย่างไร คำถามที่สี่เป็นการหาดำแหน่งภาพจริงผ่านอุปกรณ์

สาริต กลุ่มผู้วิจัยพบว่าการเข้าใจการเกิดภาพจริงจากเลนส์นูน นักเรียนจะต้องเข้าใจหลักการของเลนส์ การวาดเส้นรังสีแสง ต้องเข้าใจว่าเลนส์นูนมีสมบัติรวมแสง เมื่อแสงเดินทางเป็นเส้นตรงผ่านเลนส์จะเกิดการหักเหตามกฎการหักเห จากการวิจัยพบว่านักเรียนทำคะแนนหลังเรียนได้มากกว่าคะแนนก่อนเรียนเพียงเล็กน้อย ซึ่งผลงานวิจัยได้มาจากการสัมภาษณ์นักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่สัมภาษณ์ประกอบการสาริตจำนวน 38 คน และผลการทำแบบทดสอบของนักศึกษาจำนวน 222 คน จากประสบการณ์ทางวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อแสงเชิงเรขาคณิตของกลุ่มวิจัย [6] การวิจัยนี้จึงมีความน่าเชื่อถือที่สุด ในการตัดสินใจตอบคำถามของนักเรียนในการสัมภาษณ์ หรือแม้กระทั่งตัดสินใจตอบของนักเรียนที่ตอบโดยกระต่าย แต่ในการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการสาริตจากอุปกรณ์สาริตที่สามารถทำให้นักเรียนได้รับความรู้จากการสังเกตและทดลอง ที่ผ่านมานักเรียนมักจะตอบคำถามโดยอาศัยการจดจำจากการบรรยายหรือจากตำราเรียน ก็คิดว่าเพียงพอและเหมาะสมแล้ว ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่เข้าใจหลักทางฟิสิกส์ ปกติแทนที่จะพิสูจน์ว่านักเรียนคิดอย่างไร เกี่ยวกับการเกิดภาพ โดยการถามคำถาม กลุ่มวิจัยได้เข้าวิจัยปัญหานี้จากเทคนิคการทดลองหาภาพจริงที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินความเข้าใจของผู้เรียน ได้เลือกปัญหานี้เพื่อทดสอบความสามารถของนักเรียน ว่าใช้หลักการที่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งได้แก่การเขียนเส้นรังสีแสง การทำนายและการอธิบายภาพจริงที่เกิดจากกระจกโค้งและเลนส์ โดยหวังว่าจะได้ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการเรียนการสอนฟิสิกส์ต่อไปในอนาคต

ข้อมูลหลักสำหรับการวิจัยนี้ถูกรวบรวมผ่านการสัมภาษณ์ประกอบการสาริตรายบุคคล ซึ่งในการสัมภาษณ์มีการสาริตให้นักเรียนทำนาย สังเกตและอธิบาย คำอธิบายของนักเรียนเป็นข้อมูลที่แสดงถึงความเข้าใจของนักเรียน หลังจากดำเนินการแล้วกลุ่มผู้ทดสอบจึงให้คำอธิบายนอกเหนือจากการใช้ชุดคำถามที่อยู่ในแผนการเก็บข้อมูลความเข้าใจในการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์อาจเพิ่มคำถามเพื่อความกระจ่างในการวิเคราะห์คำตอบและคำอธิบายของนักเรียน หรือสอบถามเพิ่มเติมในจุดที่น่าสนใจที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์ยังบันทึกการกระทำของนักเรียนรวมถึงแผนภาพที่นักเรียนวาดหรือสมการที่แสดงการคำนวณ ในการสัมภาษณ์ใช้เวลา 40-60 นาทีต่อหนึ่งคน ซึ่งการสัมภาษณ์ถูกบันทึกเทปสำหรับวิเคราะห์รายละเอียด

ขั้นแรกผู้สัมภาษณ์อธิบายการสาริตให้กับนักเรียนและให้นักเรียนทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นและอธิบายที่มาของคำทำนาย วัตถุประสงค์คือเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน คำถามเริ่มต้นให้นักเรียนอธิบายพฤติกรรมของแสง และการเกิดภาพ คำอธิบายสะท้อนให้เห็นการคาดการณ์เบื้องต้นของนักเรียนและความพยายามหาเหตุผลมาอธิบาย แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการกำหนดความสำเร็จหรือความล้มเหลวในงานของกลุ่มผู้วิจัย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้หลักการแสงเชิงเรขาคณิตของนักเรียน รวมถึงการใช้แผนภาพรังสีแสงเพื่อ

สนับสนุนการทำนายที่ถูกต้องหรือแก้ไขอย่างใดอย่างหนึ่งที่เป็นไปได้ รูปแบบการสัมภาษณ์สารัตถ์แสดงดังรูป 2.4



รูป 2.4 แสดงลักษณะการสัมภาษณ์ประกอบการสารัตถ์ [6]

Galili และ Hazan [7] ในปี ค.ศ. 2000 ได้ทำการสำรวจความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแสง ของนักเรียนมัธยมปลายและนักศึกษาครูที่ฝึกสอนที่โรงเรียนมัธยมปลายแห่งหนึ่งในประเทศอิสราเอล ได้มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 166 คน กลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 64 คน กลุ่มตัวอย่างหลังเรียนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 และนักศึกษาครูที่ฝึกสอนจำนวน 102 คน กลุ่มผู้วิจัยได้มีการอธิบายลักษณะพิเศษของความรู้ในหัวข้อแสง 7 ลักษณะคือ

1. ปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับแสงเช่น ความเร็ว ความยาวคลื่น ความดัน และความไม่ต่อเนื่องของแสง ในชีวิตประจำวันทันทีที่สังเกตเห็น ก็จะเห็นปรากฏการณ์ของแสง เช่น กระบวนการสร้างภาพ การแพร่กระจายของแสงและอื่นๆอีกมากมาย
2. ปรากฏการณ์ทางแสงที่สังเกตเห็นโดยทั่วไปในอากาศ (การกระเจิง การส่องสว่าง การเรืองแสง) ซึ่งแสงในสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงและถูกรบกวน ทำให้การอธิบายปรากฏการณ์ทางแสงเหล่านี้ซับซ้อน และยากที่จะอธิบายหรือให้ความหมายในมุมมองแสงเบื้องต้น (ดังที่กล่าวในข้อแรก) ในเวลาเดียวกันการสัมผัสกับปรากฏการณ์เหล่านี้ของนักเรียนมีอิทธิพลต่อการสร้างความรู้เกี่ยวกับแสงของพวกเขา
3. ผู้สังเกตการณ์ในแสงโดยธรรมชาติจะเป็นส่วนหนึ่งของระบบแสง โดยปกติในฟิสิกส์แบบดั้งเดิมมักจะสร้างข้อบกพร่องในการรบกวนที่เกิดจากการสังเกตการณ์ของผู้สังเกต เพราะว่าดวงตาของผู้สังเกตก็เป็นส่วนหนึ่งของระบบแสง
4. ปัญหาการใช้ภาษาในการอธิบายธรรมชาติ ในอดีตภาษาได้รับการพัฒนาภายใต้อิทธิพลของการรับรู้ทางสายตา ก่อนที่เราจะทำความเข้าใจได้ถึงการมองเห็นของเราในปัจจุบัน ดังนั้นโครงสร้างทางภาษาส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับความรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

5. มนุษย์อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติในแง่เหตุและผลโดยอาศัยสามัญสำนึกเป็นหลัก ซึ่งเป็นที่ยอมรับเพราะเพียงพอสำหรับการบรรลุเป้าหมายในชีวิตประจำวัน

6. แสง คือวิทยาการทางฟิสิกส์ ที่ควบคุมปรากฏการณ์ทางแสง การเรียนการสอนแสง จำเป็นต้องใช้ฟิสิกส์ในการอธิบายธรรมชาติของแสง ฉะนั้นวิทยาการทางฟิสิกส์จึงไม่เหมาะสมกับผู้ที่เริ่มเรียนใหม่

7. การเรียนการสอนแสงมักจะเป็นไปในลักษณะของแผนภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแปลความหมาย การเขียนแผนภาพมักแสดงข้อสันนิษฐานของผู้บรรยาย และผู้เรียนเป็นผู้แปลความหมาย

Galili และ Hazan [7] ได้ใช้หลักการของกระจกระนาบ และเลนส์นูนในการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง โดยต้องการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนและนักศึกษาครูเกี่ยวกับหลักการเกิดภาพของกระจกและหลักการเกิดภาพของเลนส์นูน กลุ่มผู้วิจัยพบว่าความรู้ของนักเรียนอาจไม่เป็นไปตามหลักการทางฟิสิกส์ อาจเป็นตัวแทนของความรู้ทางเลือก และข้อจำกัดที่แตกต่างกันของระบบความรู้ คือสามารถรวบรวมกันและเสริมสร้างให้มีความหลากหลายความรู้ได้ แม้ว่าไม่ทราบขอบเขตระบบความรู้อย่างแท้จริง แต่เป็นการเพิ่มความรู้ความเข้าใจในการวางแผนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ผลที่ได้รับแสดงให้เห็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนแสงเชิงเรขาคณิตอย่างเด่นชัด คือก่อนเรียนแสดงคะแนนในค่าที่สูง แต่หลังเรียนผลที่ได้รับแสดงคะแนนในค่าต่ำ ฉะนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงได้มีคำแนะนำสำหรับแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือควรจะมีการปรับปรุงแผนการสอน และออกแบบสื่อการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตาราง 2.2 แสดงผลได้รับก่อนเรียนและหลังเรียนตามเนื้อหาของแบบประเมิน [7]

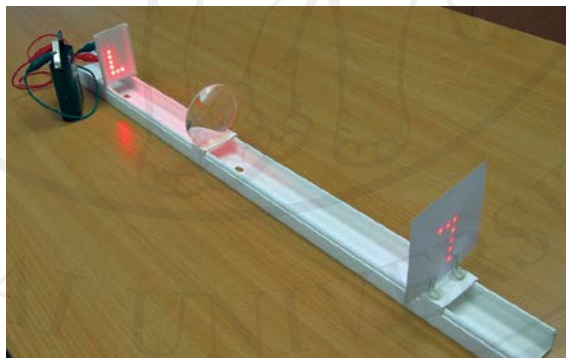
ลำดับ	หัวข้อเนื้อหาแบบประเมิน	ก่อนเรียน(%)	หลังเรียน(%)	Gain (%)
1	วิสัยทัศน์การมองเห็น	64	46	-18
2	แสงภายนอก	61	45	-16
3	แสงเดี่ยว	39	40	1
4	องค์ประกอบของภาพ	52	35	-17
5	การเกิดภาพ	5	47	42
6	การเกิดเงา	32	29	-3

ตาราง 2.2 แสดงผลที่ได้รับก่อนเรียนและหลังเรียนตามเนื้อหาของแบบประเมิน (ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อเนื้อหาแบบประเมิน	ก่อนเรียน(%)	หลังเรียน(%)	Gain (%)
7	จุดร่วมกันของเงา	19	22	3
8	สี-รงค์วัตถุ	50	55	5

2.2.2 สื่อการสอนอย่างง่าย

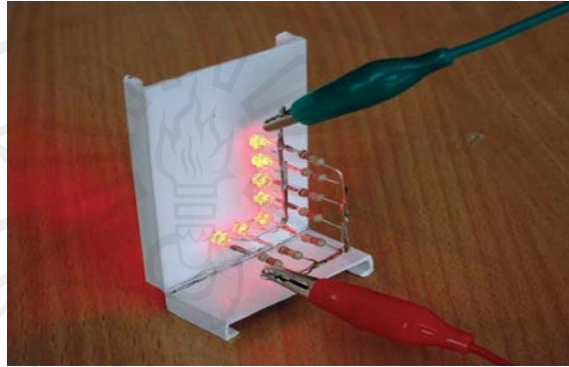
Leoš Dvořák [8] ในปี ค.ศ. 2011 ได้ออกแบบการสร้างสื่อสาธิตอย่างง่ายสำหรับใช้สาธิตในการเรียนการสอนแสงเชิงเรขาคณิตโดยเฉพาะเลนส์นูน ซึ่งการสาธิตอย่างง่ายเราสามารถทำได้ อย่างเช่น การถือเลนส์ในมือให้เห็นการเกิดภาพของเลนส์โดยเฉพาะแสดงให้เห็นส่วนย่อและส่วน ขยายของภาพ แต่ถ้าเป็นการวัดระยะต่าง ๆ หรือหลักการกล้องโทรทรรศน์ จะต้องสร้าง Optical Bench ที่มีหน่วยวัด (scale) Leoš Dvořák [8] ได้แนะนำการสร้าง Optical Bench ทำจากรางเก็บ สายไฟ (รางเก็บสาย cable) ซึ่งเป็นอุปกรณ์หาได้ง่าย ราคาก็ไม่แพง ผลที่ได้พบว่าครูฟิสิกส์ที่เข้ารับ การอบรมสามารถสร้างสื่อสาธิตแสงเชิงเรขาคณิตอย่างง่าย ที่พร้อมใช้งานได้ ซึ่งใช้เวลาในการ สร้าง 1.5 ชั่วโมง ชุดสื่อการสอนอย่างง่ายแสดงดังรูป 2.5



รูป 2.5 สื่อการสอนอย่างง่ายแสงเชิงเรขาคณิตในหัวข้อเลนส์ [8]

เพื่อให้มีความสะดวกในการสังเกตภาพของวัตถุนบนฉากรับภาพ วัตถุในที่นี้จึงทำจากวัตถุ เปล่งแสงที่ทำจากไดโอดเปล่งแสงหลายตัว (LEDs) ต้องทำเป็นตัวอักษรขนาดเล็ก (ตัวอย่าง อักษร L หรือตัวเลข 7) ซึ่งสามารถแสดงภาพที่เกิดได้ในห้องธรรมดาที่ไม่จำเป็นต้องมืด กลุ่มผู้วิจัยได้ พยายามทดสอบหลายวิธีเกี่ยวกับการเลือกวัตถุเปล่งแสงในการสร้างครั้งสุดท้ายได้เลือก LEDs ที่มีเส้น ผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ที่ให้แสงสว่างสีแดง หรือส้ม ที่เป็นสีที่ให้ความเข้มแสงมากและมีความ เหมาะสมกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 4.5-9 โวลต์ และตัวต้านทาน 120 โอห์ม ส่วนที่ติดตั้ง LEDs เป็น พลาสติกส่วนหนึ่งของฝาครอบสายเคเบิล ซึ่งต้องงอให้ดังจากดังรูป 2.6 แล้วใช้หัวแร้งบัดกรีเข้ากัน

ทำให้ได้วัตถุที่เป็นรูปตัว L มีขนาด 3x3 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะสมสำหรับเลนส์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-6 เซนติเมตร



รูป 2.6 วัตถุเรืองแสงที่เป็นตัวแทนของวัตถุ [8]

2.2.3 การประเมินความเข้าใจแสงเชิงเรขาคณิต

งานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษานิยมใช้วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่เรียกว่า Average Normalized Gain [3] วิธีนี้สามารถหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นจริงต่อผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้สูงสุด สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{\langle \%post \rangle - \langle \%pre \rangle}{100\% - \langle \%pre \rangle} \quad (2.4)$$

โดย $\langle g \rangle$ คือค่า Average Normalized Gain

$\langle \%pre \rangle$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์*

$\langle \%post \rangle$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์*

* หมายถึง คิดเฉพาะนักเรียนคนที่ทำข้อสอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น

2.2.4 เทคนิคการสอน

ขั้นตอนการสอนเป็นการสอนที่คล้ายคลึงการสอนรูปแบบเดิม ผู้สอนยังคงลักษณะการบรรยาย แต่เพิ่มคำถามหรือถามนักเรียนมากขึ้น โดยชักจูงกระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นคิดให้เกิดการอภิปรายหรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้นในระหว่างเรียนในการสอนนี้มี การสาธิต ตั้งคำถามและกระตุ้นกลุ่มผู้เรียน ปฏิบัติการแบบสืบเสาะความรู้ (Discovery lab) ด้วยการให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริง นักเรียนมีการค้นคิด สนทนากันในกลุ่ม ครูมีหน้าที่คอยให้ความช่วยเหลือหรือเป็น

เหมือนผู้ร่วมเรียน มีคู่มือ ขั้นตอน สูตรไว้ให้พอคร่าวๆ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ค้นคว้าวิธีดำเนินการเรียนหรือการทดลองเองต่อไป สิ่งที่นักเรียนคิดหรือปฏิบัติเองก็จะเป็นความรู้ที่ติดตัวนักเรียนไปได้นานๆ หรืออีกความหมายหนึ่งคือเป็นความรู้ที่คงทน แต่เนื่องจากเทคนิคการสอนนี้จะนำไปใช้กับนักเรียนลาวที่ไม่คุ้นเคยกับการทำการทดลอง จึงมีการปรับใบกิจกรรมการทดลองให้มีขั้นตอนในการทำเพิ่มขึ้น ทำให้ช่วงการทำการทดลองมีลักษณะเป็นการสืบเสาะแบบมีทิศทาง (Guided discovery lab)

ตาราง 2.3 แสดงลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างชั้นเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม ต่อชั้นเรียนแบบดั้งเดิม [4]

การเรียนทั่วไปแบบดั้งเดิม	การเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม
ผู้สอน(และตำราเรียน) เป็นแหล่งความรู้	ผู้สอนสร้างองค์ความรู้จากการสังเกตและประสบการณ์ตรงที่มีต่อปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์
ผู้เรียนได้รับการท้าทายให้ใช้ความคิดค่อนข้างน้อย	ผู้เรียนถูกท้าทายให้ใช้ความคิดและเปรียบเทียบการทำงานผลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆกับผลตามความเชื่อของผู้เรียน
บทบาทของผู้สอนเป็นแบบผู้สั่งการเพียงอย่างเดียว	บทบาทของผู้สอนเป็นแบบผู้ช่วย หรือผู้เสนอแนะแนวทางอันถูกต้องและชัดเจน
ไม่สนับสนุนการทำงานร่วมกันในหมู่ของผู้เรียน	กระตุ้นให้มีการทำงานร่วมกันในหมู่ผู้เรียน
ผู้สอนบรรยายให้รู้เพียงผลการทดลองหรือผลการวิเคราะห์ในรูปข้อมูลเหตุการณ์	ผลจากการสังเกตและวิเคราะห์จะนำมาอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจในการทดลองจริงในชั้นเรียน (Real Time Observation)
ปฏิบัติการ(หากมี)จะทำเพื่อยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีที่ผู้สอนบรรยายไว้และมักจะเป็นปฏิบัติการที่บอกขั้นตอนรายละเอียดทั้งหมดแล้ว	ผู้เรียนจะทำปฏิบัติการเพื่อเรียนรู้ เพื่อแสวงหาองค์ความรู้และผลที่ได้รับด้วยตนเอง