ความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

ELEVENTH-GRADE STUDENTS' UNDERSTANDING ABOUT DRAWING LIGHT RAY DIAGRAMS

ลือชา ลดาชาติ สุนิสา ยะโกะ หวันบัสรี วาเด็ง*

***Luecha Ladachart*,** Sunisa Yakoh, Wanbassree Wadeng*

โรงเรียนสายบุรี "แจ้งประชาคาร" ตำบลตะลุบัน อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี 94110

Saiburi "Cheang Pra Cha Karn" School, Taluban, Saiburi, Pattani, 94110, Thailand.

***Corresponding author, E-mail:** ladachart@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับวิธีการ หลักการพื้นฐาน และข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อบรรยายและอธิบายการเกิดภาพจากกระจกโค้ง พลวิจัยเป็นนักเรียน 5 คน ซึ่งได้รับการคัดเลือกแบบจำเพาะเจาะจง เครื่องมือในการสร้างข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างรายบุคคล คณะผู้วิจัยตีความและวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งโดยลำพังและโดยกลุ่ม เพื่อหาแบบแผนของความเข้าใจของผลวิจัย ผลการศึกษาแสดงว่า พลวิจัยทุกคนสามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสง โดยใช้วิธีการที่สอดคล้องกับวิธีการในแบบเรียน แต่ไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานและข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง ผลการศึกษานี้ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบเรียนและสื่อการเรียนรู้ และเสนอแนะแนวทางการสอนทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต

คำสำคัญ: การเขียนภาพรังสีของแสง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน การเรียนการสอนฟิสิกส์ มัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

This research aimed at examining eleventh-grade students' understanding about methods, fundamental principles, and limitations of drawing light ray diagrams to describe and explain image formation by a curved mirror. The participants are five students who are purposively selected. The instruments used for data generation included tests and individual semi-structured interviews. The researchers interpreted and analyzed the data, both individually and collectively, in order to seek patterns in the participants' understanding. The results of the study showed that all the participants used a method that is consistent with the one in the textbook, but did not understand the fundamental principles and the limitations of the method. The results of this study provide information that is useful for developing textbooks and learning resources, and suggest a way of teaching geometrical optics.

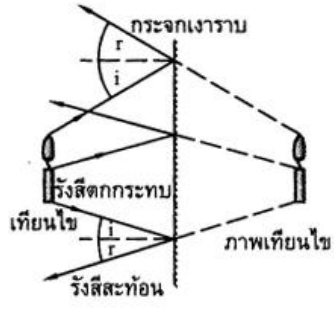
Keywords: Drawing Light Ray Diagram, Geometrical Optics, Misunderstanding, Teaching and Learning Physics, Secondary Education

บทนำ

ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต (Geometrical Optics) เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบรรยายและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสง อาทิ การมองเห็น การเกิดเงา การเกิดรุ้งกินน้ำ การเกิดภาพจากกระจก การเกิดภาพจากเลนส์ ตลอดจนเป็นหลักการทำงานพื้นฐานของเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสง อาทิ กล้องถ่ายภาพ เครื่องสแกนภาพโดยใช้แสง และเส้นใยแก้วนำแสง เนื่องจากปรากฏการณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแสงเหล่านี้ล้วนเป็นส่วนหนึ่งของประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตจึงถูกบรรจุเป็นเนื้อหาหนึ่งใน “หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551” [1] ดังนั้น นักเรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงได้รับการคาดหวังให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต และสามารถนำความเข้าใจนั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

อย่างไรก็ดี การเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตมีความท้าทายอย่างน้อยที่สุด 2 ประการ ความท้าทายประการแรก คือ ความเข้าใจเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสง เช่น ความเข้าใจที่ว่าการมองเห็นวัตถุใดๆ เกิดจากการที่ “บางสิ่ง” เดินทางออกจากดวงตาไปยังวัตถุ [8] และความเข้าใจที่ว่า เมื่อแสงเดินทางไปชนหรือตกกระทบวัตถุใดๆ แสงจะหยุดนิ่งอยู่ที่วัตถุนั้น [17] ความเข้าใจเดิมเหล่านี้มักไม่สอดคล้องกับเนื้อหาทางทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต [2] และเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน [9] ความท้าทายประการที่สองเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของวิธีการที่ถูกใช้เพื่อการบรรยายและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสง ซึ่งเป็นประเด็นหลักของการศึกษาในครั้งนี้

ในการเรียนการสอนเนื้อหาทางทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตโดยทั่วไป การเขียนแผนภาพรังสีของแสง (Light Ray Diagram) เป็นวิธีการหลักที่ถูกใช้เพื่อการบรรยายและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสง เนื่องจากแสงเดินทางเป็นเส้นตรงในตัวกลางสม่ำเสมอใดๆ หรือแม้กระทั่งในสุญญากาศ ลูกศร หรือ “รังสีของแสง” (Light Ray) จึงถูกใช้เป็นสัญลักษณ์ที่แทนทิศการเดินทางของแสง และเนื่องจากแสงสามารถสะท้อนและหักเหได้ เมื่อเดินทางไปตกกระทบรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด ที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน[1] การเขียนลูกศรแทนทิศการเดินทางของแสงจึงต้องเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง (Law of Reflection) และกฎการหักเหของแสง (Law of Refraction) ภาพที่ 1 เป็นตัวอย่างแผนภาพรังสีของแสง ซึ่งแสดงการเกิดภาพของวัตถุ (เทียนไข) จากกระจกเงาราบในแบบเรียนวิทยาศาสตร์



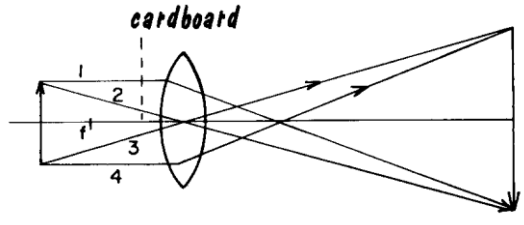
ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนภาพรังสีของแสง

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2550). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม: ฟิสิกส์ เล่ม 2*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

[1] โดยทั่วไป เมื่อแสงเดินทางไปตกกระทบรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด ที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน แสงจะเกิดทั้งการสะท้อนและการหักเห อย่างไรก็ตาม หากมุมที่เส้นทางเดินของแสงกระทำต่อเส้นปกติ (เส้นที่ตั้งฉากกับเส้นรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด) มีค่ามากกว่ามุมวิกฤติค่าหนึ่ง แสงจะเกิดเพียงแค่การสะท้อนเท่านั้น

แม้ว่าการเขียนแผนภาพรังสีของแสงสามารถช่วยในการบรรยายและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสงได้ วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดที่ผู้เรียนพึงตระหนัก นั่นคือ รังสีของแสงที่ปรากฏอยู่ในแผนภาพรังสีของแสงไม่ใช่รังสีของแสงทั้งหมด หากเป็นรังสีของแสงเพียงส่วนน้อยเท่านั้น จากหลักการของฮอยเกนส์ (Huygens' Principle) ที่ว่า แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ซึ่งเดินทางออกจากทุกจุดของแหล่งกำเนิดแสงไปในทุกทิศทาง โดยทุกจุดบนหน้าคลื่นสามารถประพฤติเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ ซึ่งมีแสงเดินทางออกไปในทุกทิศทางด้วยเช่นกัน [13] ดังนั้น ในทุกๆ จุดของแหล่งกำเนิดแสง และในทุกๆ จุดบนหน้าคลื่นของแสง จึงมีรังสีของแสงจำนวนมากพุ่งออกไปในทุกทิศทาง เนื่องจากการเขียนรังสีของแสงทั้งหมดเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้ แผนภาพรังสีของแสงจึงแสดงรังสีของแสงเพียงบางเส้นเท่านั้น

ในแผนภาพรังสีของแสงใดๆ การแสดงรังสีของแสงเพียงบางเส้นอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ มีตัวอย่างในงานวิจัยหนึ่ง [12] ซึ่งผู้วิจัยสัมภาษณ์นักศึกษาเกี่ยวกับการเกิดภาพจากเลนส์นูน โดยใช้คำถามที่ว่า ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะเปลี่ยนไปอย่างไร เมื่อมีวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างครึ่งบนของเลนส์นูนและวัตถุ (ดูภาพที่ 2) นักศึกษาส่วนใหญ่ (95%) ตอบว่า ภาพของวัตถุครึ่งบนจะหายไป โดยให้เหตุผลว่า รังสีของแสงที่พุ่งออกจากครึ่งบนของวัตถุ (รังสีของแสงที่ 1 และ 2) ไม่สามารถเดินทางไปยังเลนส์นูนได้ นั่นคือ นักศึกษากลุ่มนี้ไม่ทราบหรือไม่ได้ตระหนักว่ามีรังสีของแสงจำนวนมากที่พุ่งออกจากทุกจุดของวัตถุไปในทุกทิศทาง และรังสีของแสงจากครึ่งบนของวัตถุจำนวนหนึ่งสามารถเดินทางผ่านครึ่งล่างของเลนส์นูนได้ ดังนั้น จึงไม่มีส่วนใดของภาพของวัตถุที่หายไป หากแต่ความสว่างของภาพนั้นลดลงไปครึ่งหนึ่ง



ภาพที่ 2 สถานการณ์ของคำถามในงานวิจัยของโกลด์เบิร์ก และแมคเดอร์มอทท์

ที่มา: 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.

นอกจากนี้ ผู้เรียนอาจไม่ทราบหรือไม่ได้ตระหนักว่า การเขียนรังสีของแสงจากจุดใดจุดหนึ่งของวัตถุไปยังเลนส์หรือกระจกอย่างน้อย 2 เส้น แล้วพิจารณาจุดที่แนวของรังสีของแสงทั้ง 2 เส้นตัดกัน เป็นเพียงวิธีการระบุตำแหน่งที่เกิด "ภาพของจุดนั้นของวัตถุเพียงจุดเดียว" ไม่ใช่วิธีการระบุตำแหน่งที่เกิด "ภาพของวัตถุทั้งชิ้น"[10]โดยแท้จริงแล้วภาพของวัตถุทั้งชิ้นเกิดจากการรวมกันของภาพของจุดของวัตถุแต่ละจุด เนื่องจากการเขียนรังสีของแสงจากจุดทุกจุดของวัตถุ

เพื่อพิจารณาตำแหน่งของภาพของจุดของวัตถุแต่ละจุด ก่อนนำภาพของจุดของวัตถุเหล่านั้นมารวมกันเป็นภาพของวัตถุทั้งชิ้น เป็นเรื่องยุ่งยากในทางปฏิบัติ การอนุมานภาพของวัตถุทั้งชิ้นจากภาพของจุดของวัตถุเพียงบางจุดจึงเป็นเรื่องที่ยอมรับได้ และปรากฏอยู่ในแบบเรียนและสื่อการเรียนรู้ทั่วไป

เนื่องจากข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงข้างต้น แทบไม่ได้ถูกกล่าวถึงอย่างละเอียดในแบบเรียนและสื่อการเรียนรู้ทั่วไป และเนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยใดๆ ที่ศึกษาว่า ข้อจำกัดดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้หรือไม่ คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาว่านักเรียนที่กำลังเรียนทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตและสามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้อย่างถูกต้อง มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนแผนภาพรังสีของแสงอย่างไร และมีความตระหนักถึงข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงหรือไม่ การศึกษานี้จึงถูกออกแบบมาเพื่อตอบคำถามดังกล่าว ผลที่ได้จากการศึกษานี้ไม่เพียงแต่ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบเรียนและสื่อการเรียนรู้ หากแต่ให้แนวทางในการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนสร้างความตระหนักแก่ครูผู้สอนทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับวิธีการ หลักการพื้นฐาน และข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีหลายมิติ ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมมองทางทฤษฎีของการวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการวิจัยเชิงตีความ การวิจัยเชิงคุณภาพ กรณีศึกษาเชิงวิพากษ์ และการวิจัยปฏิบัติการแบบร่วมมือ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยภายใต้กระบวนทัศน์เชิงตีความ (Interpretative Paradigm) ซึ่งผู้วิจัยศึกษาและตีความประสบการณ์หรือความเข้าใจของผู้อื่น (พลวิจัย) ในเรื่องหรือประเด็นที่ผู้วิจัยสนใจ [6] ในการนี้ ผู้วิจัยต้องเข้าไปมีส่วนร่วมในบริบทหรือสิ่งแวดล้อมที่พลวิจัยได้รับประสบการณ์หรือสร้างความเข้าใจนั้น [14] เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) ไม่ว่าจะโดยวิธีการสังเกต การสัมภาษณ์ และการเก็บรวบรวมเอกสารต่างๆ [15] แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และพัฒนาเป็นผลการวิจัย วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยภายใต้กระบวนทัศน์เชิงตีความ คือ การได้มาซึ่งข้อมูลที่บรรยายประสบการณ์หรือความเข้าใจของพลวิจัย มิใช่ข้อมูลสำหรับการอ้างอิงทางสถิติไปยังประสบการณ์หรือความเข้าใจของประชากรกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่พลวิจัย

การศึกษานี้เป็นกรณีศึกษาเชิงวิพากษ์ (Critical Case Study) [15: 236-237] ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประเด็นสำคัญบางประการของสิ่งที่เกิดขึ้นในสภาพการณ์ปัจจุบัน ที่ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างละเอียด ในการนี้ ผู้วิจัยสามารถเลือกพลวิจัยอย่างจำเพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อศึกษา เรียนรู้ และเข้าใจประเด็นที่ตนเองสนใจให้กระจ่างมากขึ้น [16] แม้ว่าผลที่ได้จากกรณีศึกษาไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการอ้างอิงทางสถิติไปยังประชากรกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่พลวิจัย แต่การใช้ตรรกะที่ว่า “หากผลการวิจัยนี้เกิดขึ้นในกรณีนี้ ผลการวิจัยดังกล่าวก็สามารถเกิดขึ้นในกรณีอื่นได้เช่นกัน” เป็นเรื่องที่สามารถทำได้ [15: 236] วัตถุประสงค์หลักของกรณีศึกษาเชิงวิพากษ์ คือ การนำผลที่ได้จากการศึกษาไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางบวกของสิ่งที่เกิดขึ้นในสภาพการณ์ปัจจุบัน

ในอีกมุมมองทางทฤษฎีหนึ่ง เมื่อพิจารณาในแง่ที่ว่า การศึกษานี้เป็นการวิจัยภายใต้ความ

ร่วมมือของคณะผู้วิจัย ซึ่งเป็นครูผู้ปฏิบัติการสอนฟิสิกส์ในโรงเรียน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเรียนรู้สภาพปัญหาในการปฏิบัติการสอนของตนเอง และยกระดับการปฏิบัติการสอนนั้นให้มีคุณภาพมากขึ้น การศึกษานี้จึงอาจถูกเรียกได้ว่าเป็นการวิจัยปฏิบัติการแบบร่วมมือ (Collaborative Action Research) [7] แม้ว่าผลที่ได้จากการวิจัยปฏิบัติการแบบร่วมมือจะมีข้อจำกัดในการนำไปใช้อ้างอิงกับประชากรกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่พลวิจัย แต่การเผยแพร่สิ่งที่คณะผู้วิจัยได้เรียนรู้จากการศึกษาเพื่อพัฒนาการปฏิบัติการสอนของตนเองก็อาจมีประโยชน์แก่ผู้อื่น โดยเฉพาะเพื่อนร่วมอาชีพเดียวกับคณะผู้วิจัย ซึ่งอาจกำลังเผชิญกับปัญหาที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันกับปัญหาของคณะผู้วิจัย

บริบทและพลวิจัย

การศึกษานี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ณ โรงเรียนสายบุรี “แจ้งประชาคาร” ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาประจำอำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี หลักสูตรในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนมี 2 ประเภท คือ (1) หลักสูตรที่เน้นวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และ (2) หลักสูตรที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตเป็นเนื้อหาหนึ่งในรายวิชา “ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3” ของหลักสูตรที่เน้นวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งเปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้วิจัยคนที่ 2 (สุนิสา ยะโกะ) เป็นผู้สอน เนื่องจากปริมาณเนื้อหาในรายวิชา “ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3” ที่มาก[2] ผู้สอนจึงมีเวลาในการจัดการเรียนการสอนเรื่องการเกิดภาพจากกระจกที่จำกัด (2 คาบ หรือ 100 นาที) ด้วยเวลาที่จำกัดนี้ ผู้สอนจึงจัดการเรียนการสอนโดยการบรรยายและการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาต่างๆ เอกสารหลักที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนคือ “หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม: ฟิสิกส์ เล่ม 3” [4]

พลวิจัยเป็นนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 5 คน[3] ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง โดยใช้เกณฑ์ที่ว่า พลวิจัยทุกคนต้องสามารถเขียนรังสีของแสง ซึ่งแทนทิศการเดินทางของแสง อย่างน้อย 2 เส้น เพื่อระบุตำแหน่งและขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกโค้งได้อย่างถูกต้อง จากการทดสอบในเบื้องต้นโดยการให้นักเรียน 14 คน เขียนแผนภาพรังสีของแสงในสถานการณ์ต่างๆ (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อถัดไป) คณะผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียน 10 คนที่สามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้อย่างถูกต้อง ในจำนวนนี้ มีนักเรียน 9 คน ที่สมัครใจและสามารถเข้าร่วมในการศึกษา คณะผู้วิจัยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มโดยวิธีการสุ่ม โดยนักเรียน 4 คน มีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ในขณะที่นักเรียนอีก 5 คน เป็นพลวิจัย

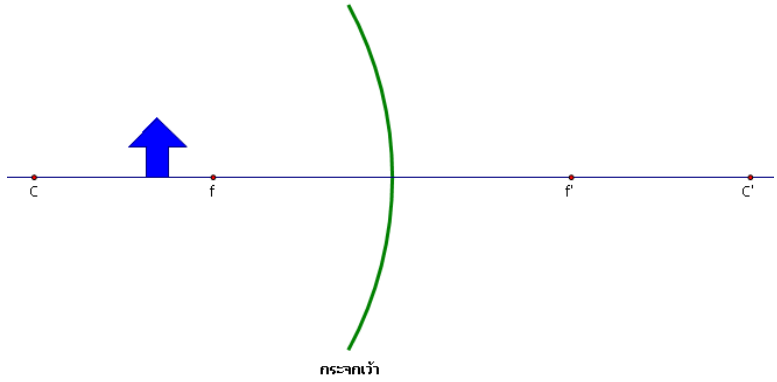
เครื่องมือวิจัยและการสร้างข้อมูล

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการสร้างข้อมูลประกอบด้วย (1) แบบทดสอบการเขียนแผนภาพรังสีของแสง และ (2) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างรายบุคคล แบบทดสอบการเขียนแผนภาพรังสีของแสงเป็นเครื่องมือที่คณะผู้วิจัยใช้เพื่อทดสอบในเบื้องต้นว่า นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้อย่างถูกต้องหรือไม่ แบบทดสอบดังกล่าวประกอบด้วยสถานการณ์ 3 สถานการณ์ โดยในแต่ละสถานการณ์มีวัตถุหนึ่งถูกวางไว้ ณ ตำแหน่งหนึ่งหน้ากระจกโค้ง ซึ่งอาจเป็นกระจกนูนหรือกระจกเว้า (ดังแสดง

[2] เนื้อหาในรายวิชา “ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3” ประกอบด้วย คลื่นกล แสงเชิงเรขาคณิต แสงเชิงฟิสิกส์ และทัศนูปกรณ์

[3] ในรายงานฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงพลวิจัยแต่ละคนโดยใช้ตัวเลขกำกับ (เช่น พลวิจัยคนที่ 1 พลวิจัยคนที่ 2 และพลวิจัยคนที่ 3) ทั้งนี้เพื่อปกป้องความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับพลวิจัย

ในภาพที่ 3) ในการนี้ ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อแสดงภาพของวัตถุที่เกิดขึ้นจากกระจกโค้งในแต่ละสถานการณ์ นักเรียนมีเวลาในการเขียนแผนภาพรังสีของแสงทั้ง 3 สถานการณ์ ประมาณ 30 นาที โดยไม่ต้องคำนวณเพื่อหาค่าใดๆ จากแผนภาพรังสีของแสงที่ตนเองเขียนขึ้น



ภาพที่ 3 ตัวอย่างสถานการณ์ในแบบทดสอบการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเขียนแผนภาพรังสีของแสง คณะผู้วิจัยได้พัฒนาคำถามที่ใช้ในสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างรายบุคคล ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ คำถามที่หนึ่งเป็นการขอให้นักเรียน “บรรยายวิธีการที่ใช้ในการเขียนแผนภาพรังสีของแสงในแบบทดสอบ” คำถามที่สองเป็นคำถามที่ว่า “ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งจะเปลี่ยนไปอย่างไร หากมีวัตถุทึบแสงมาปิดกั้นระหว่างครึ่งบนของกระจกโค้งและวัตถุ?” ซึ่งได้รับการดัดแปลงมาจากคำถามในงานวิจัยของโกลด์เบิร์ก และแมคเดอร์มอทท์ [12] คำถามที่สามเป็นคำถามที่ว่า “จุดที่แนวของรังสีของแสง 2 เส้นตัดกันมีความหมายอย่างไร?” หลังจากการให้นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบการเขียนแผนภาพรังสีของแสงเสร็จสิ้น 1 สัปดาห์ ผู้วิจัยคนที่ 1 (ลือชา ลดาชาติ) นำคำถามทั้ง 3 ข้อไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่พลวิจัย

จากการนำคำถามทั้ง 3 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียน 2 คน คณะผู้วิจัยพบว่าการสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคนใช้เวลาประมาณ 15 นาที โดยคำถามที่หนึ่งและคำถามที่สองช่วยให้คณะผู้วิจัยได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ซึ่งคือ คำบรรยายของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการเขียนแผนภาพรังสีของแสง และความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับจำนวนของรังสีของแสงที่ออกจากจุดใดจุดหนึ่งของวัตถุตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยพบปัญหาในการใช้คำถามที่สาม กล่าวคือ ในการตอบคำถามดังกล่าว นักเรียนทั้ง 2 คน ตอบเพียงว่า จุดที่แนวของรังสีของแสง 2 เส้น ซึ่งออกจากจุดปลายของวัตถุ ตัดกันนั้นเป็น “จุดที่เกิดภาพของวัตถุ” โดยไม่ได้ระบุชัดเจนว่า จุดนั้นเป็นจุดที่เกิดภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว หรือเป็นจุดที่เกิดภาพของวัตถุทั้งชิ้น ความไม่ชัดเจนดังกล่าวส่งผลให้ผู้สัมภาษณ์ต้องถามให้นักเรียนระบุอย่างเฉพาะเจาะจง ซึ่งกลายเป็นการชี้นำและก่อให้เกิดการเดาคำตอบ

ผลจากการทดลองใช้คำถามข้างต้นนำไปสู่การปรับปรุงคำถามที่สาม ในการนี้คณะผู้วิจัยได้เปลี่ยนรูปแบบของคำถามเดิมเป็นคำถามใหม่ที่ว่า “การเขียนรังสีของแสงออกจากจุดอื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดปลายของวัตถุ สามารถทำได้หรือไม่?” และหากนักเรียนตอบว่า “ได้” คำถามต่อไปคือ “ภาพของวัตถุที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร?” และหากนักเรียนตอบว่า “ไม่ได้” คำถามต่อไปคือ “เพราะเหตุใด?” ผู้วิจัยคนที่ 1 ได้นำคำถาม

ทั้ง 3 ข้อ ไปทดลองใช้อีกครั้งกับนักเรียนอีก 2 คน คณะผู้วิจัยพบว่า คำถามที่สามที่ผ่านการปรับปรุงแล้วสามารถให้ข้อมูลที่แสดงถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความหมายของจุดที่แนวของรังสีของแสงตัดกัน นักเรียนทั้ง 2 คน ตอบว่า การเขียนรังสีของแสงออกจากจุดอื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดปลายของวัตถุ สามารถทำได้ โดยภาพของวัตถุจะมีตำแหน่งที่แตกต่างไปจากเดิม นั่นแสดงว่านักเรียน 2 คนนี้ เข้าใจว่า จุดที่แนวของรังสีของแสงตัดกันเป็นจุดที่เกิดภาพของวัตถุทั้งชิ้น[4]

การสัมภาษณ์พลวิจัยทั้ง 5 คน เกิดขึ้น 1 สัปดาห์ หลังจากกระบวนการพัฒนาคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เสร็จสิ้น ผู้สัมภาษณ์คือผู้วิจัยคนที่ 1 ซึ่งไม่ใช่ผู้สอนทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตแก่พลวิจัย แต่เป็นผู้สอนพลวิจัยในรายวิชาอื่น ดังนั้น ผู้สัมภาษณ์จึงมีความสัมพันธ์ที่ดีกับพลวิจัยทุกคน แต่ไม่ทราบว่า พลวิจัยแต่ละคนมีความเข้าใจการเขียนแผนภาพรังสีของแสงในระดับใด การสัมภาษณ์เริ่มต้นด้วยการชี้แจงว่า คำตอบของพลวิจัยจะไม่มีผลใดๆ ต่อการให้คะแนนในรายวิชา “ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3” หากเป็นเพียงการศึกษาเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนเรื่องทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตเท่านั้น จากนั้น ผู้สัมภาษณ์จึงเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยใช้คำถามที่หนึ่ง คำถามที่สอง และคำถามที่สาม ตามลำดับ การสัมภาษณ์พลวิจัยแต่ละคนโดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที ในการนี้ พลวิจัยอนุญาตให้มีการบันทึกเสียงเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง

การวิเคราะห์ข้อมูล

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเกิดขึ้นทันทีหลังจากการสัมภาษณ์พลวิจัยทุกคนเสร็จสิ้น โดยผู้วิจัยคนที่ 1 ถอดคำพูดของพลวิจัยทุกคนแบบคำต่อคำ จากนั้นผู้วิจัยแต่ละคนนำคำพูดของพลวิจัยไปตีความร่วมกับการพิจารณาแผนภาพรังสีของแสงที่พลวิจัยเขียนขึ้นในแบบทดสอบ ในการนี้ผู้วิจัยแต่ละคนขีดเส้นใต้บางส่วนของคำพูดของพลวิจัย ที่แสดงถึงวิธีการและเหตุผลที่พลวิจัยใช้ในการเขียนรังสีของแสงแต่ละเส้น โดยให้ความสนใจเป็นพิเศษในประเด็นที่ว่าพลวิจัยตระหนักหรือไม่ว่า (1) รังสีของแสงที่ตนเองเขียนขึ้นเป็นเพียงรังสีบางเส้นของรังสีของแสงทั้งหมด และ (2) จุดที่แนวของรังสีของแสงตัดกันเป็นตำแหน่ง “ภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว” ซึ่งเป็นจุดบนวัตถุที่รังสีของแสงเดินทางออกมา ไม่ใช่ “ภาพของวัตถุทั้งชิ้น” จากนั้น ผู้วิจัยแต่ละคนนำผลการตีความที่ได้มาเปรียบเทียบและอภิปรายร่วมกัน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของการตีความ และพัฒนาผลการตีความเป็นผลการวิจัย

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนทุกคนที่เป็นพลวิจัย ร่วมกับการพิจารณาแผนภาพรังสีของแสงที่นักเรียนเขียนขึ้นในแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ร่วมกันพัฒนาผลการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

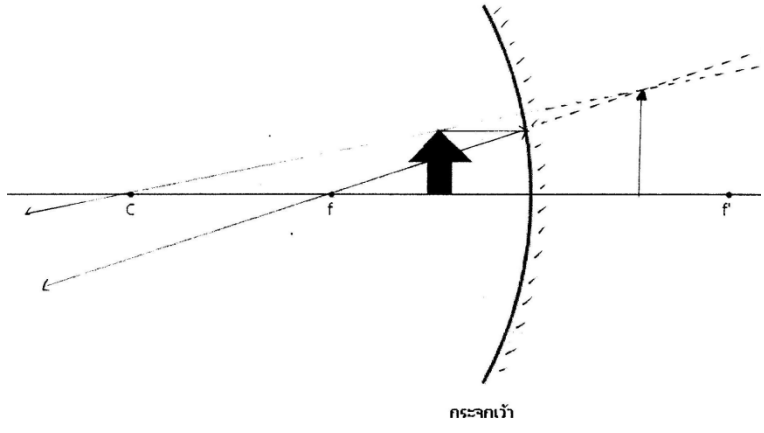
พลวิจัยเขียนแผนภาพรังสีของแสงโดยใช้วิธีการที่สอดคล้องกับวิธีการในแบบเรียน

จากการพิจารณาแผนภาพรังสีของแสงที่พลวิจัยแต่ละคนเขียน คณะผู้วิจัยพบว่าพลวิจัยทุกคนเขียนลูกศรจำนวน 2 เส้น โดยลูกศรเส้นหนึ่งชี้ออกจากปลายของวัตถุ ในทิศขนานกับแกนมุขสำคัญไปยังผิวของกระจก แล้วจึงเปลี่ยนทิศของลูกศรให้ชี้จากผิวของกระจกไปตัดผ่านจุดโฟกัสของกระจก (f) ในขณะที่ลูกศรอีกเส้นหนึ่งชี้ออกจากปลายของวัตถุไปตัดผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก (c) ดังแสดงในภาพที่ 4 พลวิจัยทุกคนกล่าวในระหว่างการสัมภาษณ์ว่า ลูกศรทั้ง 2 เส้นแทนทิศ

[4] ในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจว่า จุดที่แนวของรังสีของแสง 2 เส้นตัดกัน เป็นตำแหน่งที่เกิดภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว นักเรียนควรตอบว่า การเขียนรังสีของแสงออกจากจุดอื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดปลายของวัตถุ สามารถทำได้ โดยภาพของวัตถุจะยังคงเหมือนเดิม จุดที่แนวของรังสีของแสงที่ตัดกัน 2 จุด ซึ่งมีตำแหน่งแตกต่างกันนั้น เป็นเพียงจุด 2 จุด บนภาพของวัตถุเดียวกัน

การเดินทางของแสง นั่นคือ ลูกศรเส้นที่ 1 แทนรังสีของแสง ซึ่งพุ่งออกจากปลายของวัตถุในทิศขนานกับแกนมุขสำคัญไปยังผิวของกระจก แล้วจึงสะท้อนไปตัดผ่านจุดโฟกัสของกระจก และลูกศรเส้นที่ 2 แทนรังสีของแสง ซึ่งพุ่งออกจากปลายของวัตถุไปตัดผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก จุดที่แนวของรังสีของแสงทั้ง 2 เส้นตัดกันเป็นจุดที่เกิดภาพของวัตถุ ดังตัวอย่างคำพูดของพลวิจัยที่ว่า

"เส้นแรกนะค่ะ เราก็ลาก (รังสีของแสง) จากปลายวัตถุมายังกระจก แล้วก็ลาก (รังสีของแสง) ผ่านจุดโฟกัส ... อีกเส้นหนึ่งก็คือว่าเราลาก (รังสีของแสง) จากปลายวัตถุมาผ่านจุด c ... จุดที่ (รังสีของแสงทั้ง 2 เส้น) ตัดกันก็จะเป็นจุดที่เกิดภาพ" (พลวิจัยคนที่ 2)



ภาพที่ 4 แผนภาพรังสีของแสงของพลวิจัยคนที่ 2

จากการเปรียบเทียบวิธีการที่พลวิจัยทุกคนใช้เขียนแผนภาพรังสีของแสง และวิธีการที่ถูกบรรยายไว้ในแบบเรียน [4: 122] ซึ่งระบุให้นักเรียน:

1. เขียนรังสีตกกระทบจากปลายของวัตถุถึงผิวกระจกเงาในแนวซึ่งขนานกับแกนมุขสำคัญ จะได้รังสีสะท้อนจากผิวของกระจกเงาผ่านโฟกัส

2. เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุผ่านโฟกัสถึงผิวกระจกเงา จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกเงาขนานกับแกนมุขสำคัญ

3. เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งถึงผิวกระจกเงา จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกเงาย้อนกลับทางเดิม

คณะผู้วิจัยเห็นว่า แม้ว่าพลวิจัยทุกคนไม่ได้ทำตามวิธีการในแบบเรียนข้างต้นทุกข้อ แต่วิธีการที่พลวิจัยทุกคนใช้เขียนแผนภาพรังสีของแสงสอดคล้องกับวิธีการในแบบเรียน

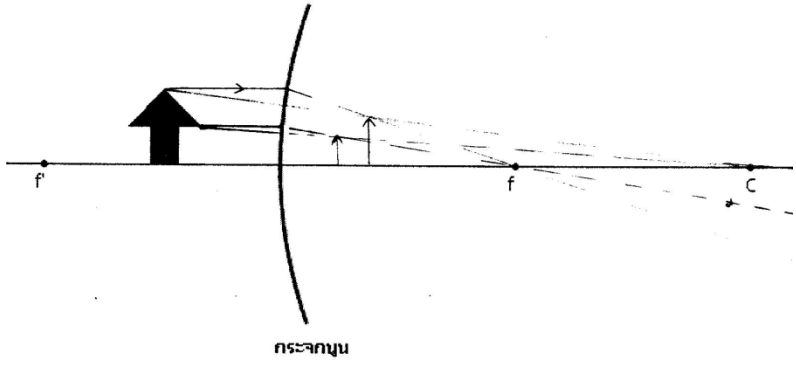
พลวิจัยไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

แม้ว่าพลวิจัยทุกคนสามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้สอดคล้องกับวิธีการแบบเรียน และแม้ว่าพลวิจัยทุกคนสามารถใช้การเขียนแผนภาพรังสีในการระบุตำแหน่งและขนาดของภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกโค้งได้ แต่กลับไม่มีพลวิจัยคนใดที่สามารถอธิบายได้ว่า เหตุใดการเขียนรังสีของแสงจึงต้องเป็นไปตามวิธีการดังกล่าว พลวิจัยบางคนกล่าวเพียงว่า "หนูรู้แค่ว่าอาจารย์สอนแบบนี้ หนูก็ทำตาม" (พลวิจัยคนที่ 1) หรือ "หนูไม่ทราบเหตุผล แต่หนังสือบอกให้เขียนแบบนี้" (พลวิจัยคนที่ 5) นอกจากนี้แม้ว่าพลวิจัย 2 ใน 5 คน กล่าวอย่างชัดแจ้งว่าแสงเกิดการสะท้อนที่กระจกโค้ง แต่ไม่มีพลวิจัยคนใดที่ระบุว่า ในสถานการณ์ของการศึกษาครั้งนี้ การเขียนรังสีของแสงต้องเป็นไปตามกฎ

การสะท้อนของแสง นั่นคือ พลวิจัยทุกคนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกฎการสะท้อนของแสงและการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

เมื่อให้พลวิจัยแต่ละคนตอบคำถามที่ว่า “ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งจะเปลี่ยนไปอย่างไร หากมีวัตถุทึบแสงมาปิดกั้นระหว่างครึ่งบนของกระจกโค้งและวัตถุ?” พลวิจัย 4 ใน 5 คน ตอบว่า ภาพของวัตถุจากกระจกโค้งจะไม่เกิดขึ้นหรือหายไป โดยให้เหตุผลว่า รังสีของแสงทั้ง 2 เส้น ไม่สามารถเดินทางจากปลายของวัตถุไปยังกระจกโค้งได้ ดังนั้น จึงไม่มีจุดที่แนวของรังสีของแสงทั้ง 2 เส้นตัดกัน และไม่มีภาพเกิดขึ้น มีเพียงพลวิจัยคนที่ 5 เท่านั้น ที่ตอบว่า ภาพของวัตถุยังคงเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม พลวิจัยคนดังกล่าวไม่สามารถให้เหตุผลถึงการเกิดภาพของวัตถุได้ หากแต่บอกเพียงว่า “หนูคิดว่าเกิด (ภาพของวัตถุ) แต่มันเกิดยังไงนั้น หนูไม่รู้” จากคำตอบของพลวิจัยต่อคำถามข้างต้น คณะผู้วิจัยเห็นว่า พลวิจัยทุกคนไม่ได้นำหลักการของฮอยเกนส์มาใช้ในการทำนายการเกิดภาพจากกระจกโค้ง นั่นคือ พลวิจัยทุกคนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของฮอยเกนส์และการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

เมื่อให้พลวิจัยแต่ละคนตอบคำถามที่ว่า “การเขียนรังสีของแสงออกจากจุดอื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดปลายของวัตถุ สามารถทำได้หรือไม่?” แม้ว่าในตอนเริ่มต้น พลวิจัยทุกคนเขียนรังสีของแสงออกจากจุดปลายของวัตถุ แต่พลวิจัยทั้ง 5 คนตอบว่า การเขียนรังสีของแสงออกจากจุดอื่นๆ ของวัตถุสามารถทำได้เช่นกัน และเมื่อให้พลวิจัยแต่ละคนเขียนรังสีของแสงออกจากจุดอื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดปลายของวัตถุ แล้วระบุว่า “ภาพของวัตถุที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร?” พลวิจัยทุกคนวาดภาพของวัตถุขึ้นมาอีก 1 ภาพ โดยไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดจึงมีภาพของวัตถุ 2 ภาพ ทั้งๆ ที่มีวัตถุอยู่หน้ากระจกโค้งเพียงวัตถุเดียว (ดูภาพที่ 5) เหตุการณ์นี้ทำให้คณะผู้วิจัยลงความเห็นว่า พลวิจัยทุกคนยังไม่เข้าใจว่า จุดที่แนวของรังสีของแสงทั้ง 2 เส้นตัดกันนั้น เป็นเพียงตำแหน่งของ “ภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว” ไม่ใช่ตำแหน่งของ “ภาพของวัตถุทั้งชิ้น” และไม่เข้าใจว่า “ภาพของวัตถุทั้งชิ้น” เกิดจากการรวมตัวกันของ “ภาพของจุดของวัตถุทุกๆ จุด”



ภาพที่ 5 แผนภาพรังสีของแสงที่พลวิจัยเขียนขึ้น เมื่อเปลี่ยนจุดที่สนใจบนวัตถุ

พลวิจัยไม่ทราบหรือไม่ได้ตระหนักถึงข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง

การสัมภาษณ์พลวิจัยแต่ละคนทำให้คณะผู้วิจัยลงความเห็นว่า แม้ว่าพลวิจัยทุกคนสามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อระบุตำแหน่งและขนาดของภาพของวัตถุได้ แต่พลวิจัยทุกคนยังไม่ทราบหรือไม่ตระหนักถึงข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง กล่าวคือ พลวิจัยทุกคนไม่ทราบหรือไม่ได้ตระหนักว่า

1. กฎการสะท้อนของแสงเป็นกฎพื้นฐานหนึ่งในการเขียนแผนภาพรังสีของแสงใดๆ โดยเฉพาะการเขียนแผนภาพรังสีของแสงเพื่อทำนายภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจก

2. มีรังสีของแสงที่พุ่งออกมาทุกๆ จุดของวัตถุในทุกทิศทาง โดยแผนภาพรังสีของแสงทั่วไปแสดงเพียงรังสีของแสงส่วนน้อยเท่านั้น

3. จุดตัดของแนวของรังสีของแสงอย่างน้อย 2 เส้น ซึ่งพุ่งออกมาจากจุดของวัตถุจุดเดียวกัน เป็นจุดที่เกิดภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว ไม่ใช่จุดที่บ่งบอกถึงภาพของวัตถุทั้งชิ้น

หลังจากการสัมภาษณ์ เมื่อพลวิจัยทุกคนได้รับการชี้แนะจากผู้สัมภาษณ์ถึงข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงข้างต้น พลวิจัยทุกคนกล่าวเป็นเสียงเดียวกันว่า ตนเองไม่ทราบและไม่เคยนึกถึงข้อจำกัดเหล่านี้มาก่อน แม้ว่าข้อจำกัดเหล่านี้มีพื้นฐานมาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (กฎการสะท้อนของแสงและหลักการของฮอยเกนส์) ซึ่งตนเองได้เรียนในชั้นเรียนมาแล้วก็ตาม

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับการเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อบรรยายและอธิบายการเกิดภาพจากกระจกโค้ง พลวิจัยเป็นนักเรียนหญิง จำนวน 5 คน ซึ่งได้รับการคัดเลือกแบบจำเพาะเจาะจง โดยใช้เกณฑ์ที่ว่าพลวิจัยทุกคนสามารถเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้อย่างถูกต้อง และสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย คณะผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการให้พลวิจัยทั้ง 5 คน เขียนแผนภาพรังสีของแสง ก่อนสัมภาษณ์พลวิจัยแบบกึ่งโครงสร้างรายบุคคล คำถามในการสัมภาษณ์มุ่งเน้นให้พลวิจัยแสดงความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับวิธีการ หลักการพื้นฐาน และข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง จากนั้นคณะผู้วิจัยแต่ละคนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ก่อนนำผลการวิเคราะห์ของแต่ละคนมาหาข้อสรุปร่วมกัน เพื่อตอบคำถาม 3 ข้อ คือ

1) พลวิจัยมีวิธีการเขียนแผนภาพรังสีของแสงอย่างไร?

2) พลวิจัยเข้าใจหลักการพื้นฐานของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงหรือไม่?

3) พลวิจัยตระหนักถึงข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงหรือไม่?

ผลการศึกษาระบุว่า พลวิจัยทุกคนเขียนแผนภาพรังสีของแสง โดยใช้วิธีการที่สอดคล้องกับวิธีการในแบบเรียน (สสวท., 2554) เพื่อระบุตำแหน่งและขนาดของภาพของวัตถุ อย่างไรก็ตาม พลวิจัยทุกคนไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานของวิธีการที่ตนเองใช้เขียนแผนภาพรังสีของแสง กล่าวคือในการเขียนแผนภาพรังสีของแสง พลวิจัยไม่ได้พิจารณาถึงกฎการสะท้อนของแสงและหลักการของฮอยเกนส์ หากแต่ปฏิบัติตามวิธีการในแบบเรียนเท่านั้น นอกจากนี้ พลวิจัยไม่ทราบหรือไม่ได้ตระหนักด้วยว่า การเขียนแผนภาพรังสีของแสงมีข้อจำกัดบางอย่าง เช่น รังสีของแสงในแผนภาพรังสีของแสงใดๆ เป็นเพียงรังสีของแสงส่วนน้อยเท่านั้น และจุดตัดของแนวของรังสีของแสง 2 เส้น ซึ่งพุ่งออกมาจากจุดของวัตถุจุดเดียวกัน เป็นจุดที่เกิดภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว ไม่ใช่จุดที่บ่งบอกถึงภาพของวัตถุทั้งชิ้น

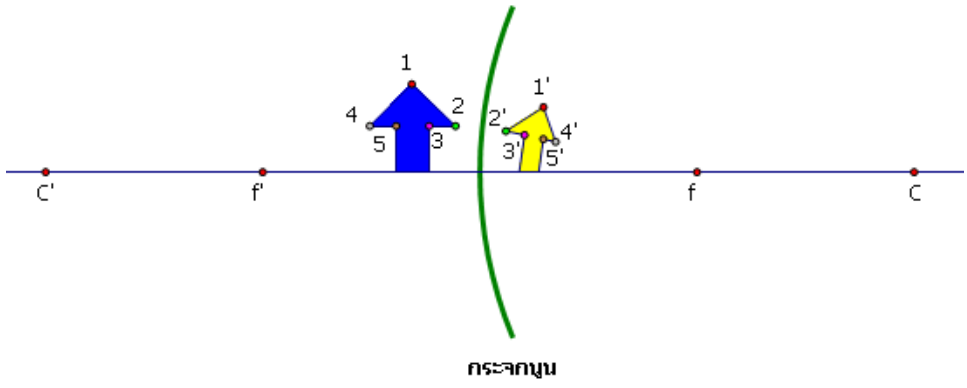
ผลการศึกษาข้างต้นสนับสนุนข้อสรุปที่ได้จากงานวิจัยอื่นๆ ก่อนหน้านี้ที่ว่า ความสามารถ

ในการเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้อย่างถูกต้อง อาจไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจกระบวนการเกิดภาพจากกระจกอย่างแท้จริง [11] ทั้งนี้เพราะนักเรียนอาจเพียงแค่จดจำวิธีการเขียนภาพรังสีของแสงโดยไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานของกระบวนการเกิดภาพจากกระจก [10] การจดจำวิธีการเขียนแผนภาพรังสีของแสง โดยปราศจากความเข้าใจหลักการพื้นฐานของกระบวนการเกิดภาพจากกระจก จึงไม่ช่วยให้นักเรียนนำแผนภาพรังสีของแสง ไปใช้บรรยายและอธิบายการเกิดภาพจากกระจกในสถานการณ์ต่างๆ ได้ [2] และก็ไม่ช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงข้อจำกัดบางอย่างของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความท้าทายในการจัดการเรียนการสอนทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต

โกลด์เบิร์ก และแมคเดอร์มอทท์ [12: 119] เสนอแนะว่า ความเข้าใจกระบวนการเกิดภาพจากกระจกอย่างถ่องแท้ ไม่สามารถเกิดขึ้นได้โดยการสอนแบบบรรยายและการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหา เว้นเสียแต่ว่าการจัดการเรียนการสอนนั้นได้มุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้นอกจากการนำเสนอวิธีการเขียนแผนภาพรังสีของแสงแล้ว ผู้สอนควรยกตัวอย่างสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาพจากกระจก แล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำนายและอธิบายภาพที่เกิดจากกระจก วิธีการดังกล่าวเปิดโอกาสให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบและติดตามความเข้าใจของนักเรียน และหาวิธีการเพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ในขณะเดียวกัน ผู้สอนควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจหลักการพื้นฐานของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงด้วย

นอกจากนี้ ผู้สอนควรเน้นให้นักเรียนตระหนักถึงข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง โดยพยายามให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างหลักการพื้นฐานและข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง อาทิ หลังจากที่นักเรียนเข้าใจหลักการของฮอยเกนส์แล้วว่า มีรังสีของแสงจำนวนมากพุ่งออกจากทุกๆ จุดของวัตถุไปในทุกทิศทาง ผู้สอนอาจใช้แผนภาพรังสีของแสงในแบบเรียนเพื่อถามนักเรียนว่า “นอกเหนือจากรังสีของแสงจำนวนไม่กี่เส้นที่ถูกแสดงไว้ในแผนภาพรังสีของแสง มีรังสีของแสงที่พุ่งออกจากวัตถุไปยังทิศทางอื่นๆ อีกหรือไม่?” และ “เหตุใดแผนภาพรังสีของแสงทั่วไปจึงแสดงรังสีของแสงเพียงส่วนน้อย?” จากนั้น ผู้สอนจึงร่วมอภิปรายกับนักเรียน จนกระทั่งได้ข้อสรุปว่า รังสีของแสงที่ปรากฏในแผนภาพรังสีของแสงใดๆ เป็นเพียงรังสีของแสงจำนวนน้อยเท่านั้น ซึ่งถูกเขียนขึ้นเพียงเพื่อระบุตำแหน่งที่เกิดภาพของจุดของวัตถุ

ในช่วงแรกที่นักเรียนเริ่มเรียนการเขียนแผนภาพรังสีของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากกระจก ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนทราบว่า จุดที่แนวของรังสีของแสงอย่างน้อย 2 เส้นตัดกันนั้น เป็นเพียงจุดที่เกิดภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว ไม่ใช่ภาพของวัตถุทั้งชิ้น ในการนี้ผู้สอนอาจให้นักเรียนเขียนรังสีของแสง เพื่อระบุตำแหน่งของภาพของจุดของวัตถุหลายๆ จุด ก่อนนำภาพของจุดของวัตถุเหล่านั้นมารวมกันเป็นภาพของวัตถุทั้งชิ้น [10] ในการนี้ นักเรียนอาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า “The Geometer’s Sketchpad” [5] เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนแผนภาพรังสีของแสงแบบจุดต่อจุดได้สะดวกและแม่นยำ (ดูภาพที่ 6) เมื่อนักเรียนเข้าใจข้อจำกัด “หนึ่งจุดของวัตถุทำให้เกิดหนึ่งจุดของภาพ” ของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงแล้ว ผู้สอนอาจละไม่พูดถึงข้อจำกัดดังกล่าวไว้ในฐานที่เข้าใจได้ในภายหลัง



ภาพที่ 6 แผนภาพรังสีของแสงที่ถูกเขียนขึ้นโดยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad[5]

แม้ว่าแบบเรียนสำหรับการเรียนการสอนทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต [3-4] ได้มีการกล่าวถึงทั้งวิธีการและหลักการพื้นฐานของการเขียนแผนภาพรังสีของแสง แต่ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนอาจไม่สามารถเห็นการเชื่องโยงของเนื้อหาทั้ง 2 ส่วน ดังนั้นการเพิ่มเนื้อหาในแบบเรียนที่เน้นย้ำถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการและหลักการพื้นฐานของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงจึงเป็นเรื่องที่พึงกระทำ นอกจากนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของการเขียนแผนภาพรังสีของแสงที่ว่า "แผนภาพรังสีของแสงทั่วไปแสดงเพียงรังสีของแสงส่วนน้อย" และ "จุดตัดของแนวของรังสีของแสงอย่างน้อย 2 เส้น ซึ่งพุ่งออกมาจากจุดของวัตถุจุดเดียวกันเป็นจุดที่เกิดภาพของจุดของวัตถุเพียงจุดเดียว" แทบไม่ได้ถูกขยายความอย่างชัดแจ้งในแบบเรียนและสื่อการเรียนรู้ทั่วไป คณะผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการเพิ่มเติมข้อจำกัดดังกล่าวในแบบเรียน

[5] การเขียนแผนภาพรังสีของแสงโดยใช้โปรแกรม "The Geometer's Sketchpad" แสดงให้เห็นด้วยว่า ภาพที่เกิดจากกระจกโค้งไม่ได้มีรูปร่างเหมือนกับวัตถุทุกประการ หากแต่ภาพที่เกิดขึ้นจะโค้งเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะความโค้งของกระจก

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2554, จาก http://www.curriculum51.net

[2] ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์; และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2552). การสำรวจมโนมติเรื่องแสงของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิจัย มข.*. 14(4): 241-253.

[3] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2550). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม: ฟิสิกส์ เล่ม 2*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

[4] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม: ฟิสิกส์ เล่ม 3*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

[5] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2554). *Thai Geometer's Sketchpad (ThaiGSP)*. สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2554, จาก http://www3.ipst.ac.th/thaigsp

[6] Erickson, F. (1985). *Qualitative Methods in Research on Teaching: Occasional Paper No. 81*. ERIC Document Reproduction 263 203.

[7] Feldman, A. (1996). Enhancing the Practice of Physics Teachers: Mechanisms for the Generation and Sharing of Knowledge and Understanding in Collaborative Action Research. *Journal of Research in Science Teaching*. 33(5): 513-540.

[8] Fetherstonhaugh, T. and Happs, J. (1988). Countering Fundamental Misconceptions about Light: An Analysis of Specific Teaching Strategies with Year 8 Students. *Research in Science Education*. 18(1): 211-219.

[9] Fetherstonhaugh, T., Happs, J. and Treagust, D. (1987). Student Misconceptions about Light: A Comparative Study of Prevalent Views Found in Western Australia, France, New Zealand, Sweden and the United States. *Research in Science Education*. 17(1): 156-164.

[10] Galili, I., Bendall, 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.

[11] Goldberg, F. M. and McDermott, L. C. (1986). Student Difficulties in Understanding Image Formation by a Plane Mirror. *The Physics Teacher*. 24(8): 472-481.

[12] 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.

[13] Huygens, C. (2005). *Treatise on Light: An E-book Translated by Silvanus P. Thompson in the Project Gutenberg*. Retrieved 25 September 2011, from http://www.gutenberg.org/files/14725/14725-h/14725-h.htm

[14] Lincoln, Y. S. and Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. California: Sage Publications.

[15] Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Methods*. 3rd ed. California: Sage Publications.

[16] Stake, R. E. (1995). *The Art of Case Study Research*. California: Sage Publications.

[17] Watts, D. M. (1985). Student Conceptions of Light: A Case Study. *Physics Education*. 20(4): 183-187.