

คำอธิบายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

เกี่ยวกับการมองเห็น

Eighth Grade Students' Explanations

about Vision

อัจฉริยา นาวิวงศ์* และ อนุชา ชาตวิวงศ์

ajchareeyana@hotmail.com

โรงเรียนปทุมราชวงศา ตำบลนาหว้า อำเภอปทุมราชวงศา จังหวัดอำนาจเจริญ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคำอธิบายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 คน เกี่ยวกับการมองเห็น ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล ร่วมกับการเขียนแผนภาพรังสีของแสง ในกรณีนี้ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละคนมีคำอธิบายที่มีลักษณะเฉพาะ โดยไม่มีนักเรียนคนใดที่ทั้งให้คำอธิบาย และเขียนแผนภาพรังสีของแสงได้อย่างสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอน

คำสำคัญ: แสง; การมองเห็น; คำอธิบาย; ความเข้าใจ; นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Abstract

This research aimed at studying six eighth grade students' explanations about vision. The researchers collected data using individual semi-structured interviews together with drawing a light ray diagram. In doing so, the researchers found that each student's explanation is idiosyncrasy. None of the students gave both an explanation and a light ray diagram in ways that consistent with a scientific concept. The researchers present instructional implications of the research results.

Keywords: Light; Vision; Explanation; Understanding; Eighth Grade Students

บทนำ

โดยทั่วไปแล้ว มนุษย์ส่วนใหญ่มักเกิดมาพร้อมกับความสงสัยใคร่รู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัว ความสงสัยใคร่รู้นี้ทำให้มนุษย์กลุ่มหนึ่ง (ซึ่งได้ชื่อว่า “นักวิทยาศาสตร์”) เพียรพยายามสังเกต ศึกษา และสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเหล่านั้น คำอธิบายใดๆ ที่ผ่านการตรวจสอบอย่างละเอียดและเป็นระบบแล้วว่า มีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องได้อย่างสอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงและอย่างสมเหตุสมผล คำอธิบายนั้นก็จะได้รับการยอมรับและความเชื่อถือในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ มักมีความซับซ้อนในตัวเอง คำอธิบายส่วนใหญ่ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับและเชื่อถือจึงมีความซับซ้อนตามไปด้วย คำอธิบายเหล่านั้นอาจเกี่ยวข้องกับสิ่งที่มนุษย์ทั่วไป (หรือแม้แต่แก่นักวิทยาศาสตร์เอง) ก็ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง (เช่น อะตอม โมเลกุล เซลล์ แรง และพลังงาน เป็นต้น)

“เรามองเห็นสิ่งต่างๆ ได้อย่างไร” เป็นคำถามหนึ่งที่มนุษย์เคยสงสัยและต้องการคำอธิบาย แม้ว่านักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเข้าใจดีแล้วว่า การที่ผู้สังเกตคนหนึ่งจะมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้นั้นเป็นเพราะว่า แสงเคลื่อนที่จากสิ่งเหล่านั้นมายังดวงตาของผู้สังเกตคนนั้น ในการนี้ นักวิทยาศาสตร์อาจใช้ “ลูกศร” หรือ “รังสีของแสง” (→) เพื่อแสดงและอธิบายว่า แสงเคลื่อนที่จากที่ใดไปยังที่ใด อย่างไรก็ตาม ในมุมมองของผู้เรียนทั่วไป ซึ่งมีอายุ ประสบการณ์ ความรู้ และความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมที่น้อยกว่านักวิทยาศาสตร์ คำอธิบายนี้ชวนความซับซ้อนบางอย่างไว้ เนื่องจากแสงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วประมาณ 3×10^8 (สามร้อยล้าน) เมตรต่อวินาที การสังเกตโดยตรงด้วยตาเปล่าว่า แสงเคลื่อนที่จากที่ใดไปยังที่ใด จึงเป็นเรื่องที่เกินความสามารถของมนุษย์ธรรมดา ดังนั้น คำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ที่ว่า การมองเห็นเกิดจากการที่แสงเคลื่อนที่จากวัตถุใดๆ ไปยังดวงตาของผู้สังเกต (ตามทิศของรังสีของแสง) จึงเป็นสิ่งนามธรรมที่ผู้เรียนอาจเข้าใจและยอมรับได้ไม่ถนัดนัก

ในอดีตที่ผ่านมา นักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการมองเห็น อาทิ Anderson & Smith (1986) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 227 คน เกี่ยวกับแสงและการใช้รังสีของแสงเพื่ออธิบายการมองเห็นสิ่งต่างๆ ในกาครั้งนี้ พวกเขาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53) เข้าใจเพียงว่า การมองเห็นวัตถุใดๆ เกิดจากการที่แสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดมายังวัตถุนั้น โดยนักเรียนกลุ่มนี้จะเลขการเคลื่อนที่ของแสงจากวัตถุนั้นมายังดวงตาของผู้สังเกต ในขณะที่เดียวกัน นักเรียนอีกจำนวนหนึ่ง (ร้อยละ 11) เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การมองเห็นวัตถุใดๆ เกิดจากการที่ดวงตาของผู้สังเกตส่งแสงไปยังวัตถุนั้น ในทำนองเดียวกัน จากการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 114 คน เกี่ยวกับแสง คีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ & วรณทิพา รอดแรงดำ (2552ข) พบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 11 เท่านั้น ที่เข้าใจเกี่ยวกับการมองเห็นอย่างถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

Selley (1996) ได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนที่มีอายุประมาณ 9 – 11 ปี เกี่ยวกับการมองเห็น ในกาครั้งนี้ เขาได้เสนอ “แบบจำลองทางความคิด” ที่นักเรียนเหล่านี้ใช้ในการอธิบายการมองเห็น ซึ่งประกอบด้วย 5 ระดับ โดยแต่ละระดับอาจมีมากกว่า 1 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองประเภทที่ 1 (ระดับที่ 0): นักเรียนมีความเข้าใจว่า การมองเห็นเกี่ยวข้องกับแสงและดวงตา แต่ไม่มีความชัดเจนใดๆ เกี่ยวกับกลไกหรือกระบวนการที่ทำให้เกิดการมองเห็น นักเรียนอาจจะบ่งเพียงว่าแสงมีส่วนช่วยให้เกิดการมองเห็น
- แบบจำลองประเภทที่ 2 (ระดับที่ 1): นักเรียนมีความเข้าใจว่า การมองเห็นเกี่ยวข้องกับแสงและดวงตา โดยการมองเห็นนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากดวงตาไปยังวัตถุ (eye → object)
- แบบจำลองประเภทที่ 3 (ระดับที่ 2): นักเรียนมีความเข้าใจว่า การมองเห็นเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิด แสง และดวงตา โดยการมองเห็นนั้นจะ

เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังดวงตา (source \rightarrow eye) และ เมื่อแสงเคลื่อนที่จากดวงตาไปยังวัตถุ (eye \rightarrow object)

- แบบจำลองประเภทที่ 4 (ระดับที่ 3A): นักเรียนเข้าใจว่า การมองเห็นเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิด แสง และดวงตา โดยการมองเห็นเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากดวงตาไปยังวัตถุ (eye \rightarrow object) และ เมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุ (source \rightarrow object)
- แบบจำลองประเภทที่ 5 (ระดับที่ 3B): นักเรียนเข้าใจว่า การมองเห็นเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดและดวงตา โดยการมองเห็นเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังดวงตา (source \rightarrow eye)
- แบบจำลองประเภทที่ 6 (ระดับที่ 4): นักเรียนเข้าใจว่า การมองเห็นเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิด แสง และดวงตา โดยการมองเห็นเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุ (source \rightarrow object) และ เมื่อแสงเคลื่อนที่จากวัตถุมายังดวงตา (object \rightarrow eye)

จากผลการวิจัยทั้งหมดข้างต้น ผู้วิจัย (ในฐานะครุศึกษาศาสตร์ที่สอนเรื่องแสงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) จึงเกิดความสนใจว่า นักเรียนของตนเองมีความเข้าใจเกี่ยวกับแสงและการมองเห็นอย่างไร ในการนี้ ผู้วิจัยเห็นด้วยกับข้อเสนอของ อีริพงษ์ แสงประดิษฐ์ & วรณทิพา รอดแรงคำ (2552ก: 305) ที่ว่า:

“ครูควรให้ความสำคัญการการสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อนสอน เพื่อทำการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่มีอยู่ไปยังแนวคิดใหม่” และ “ครู(ควร)ทำวิจัยในชั้นเรียน เพื่อ...ทราบปัญหาของการจัดการเรียนการสอนที่เกิดขึ้น และหาหนทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น...ได้(อย่าง)ตรงจุด”

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เกี่ยวกับแสงและการมองเห็น ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องแสงและการมองเห็นต่อไป

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) ภายใต้กระบวนทัศน์การตีความ (Interpretive paradigm) (Erickson, 1985) ซึ่งมุ่งเน้นการทำความเข้าใจความหมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่พลวิจัยได้สร้างขึ้นจากประสบการณ์ส่วนบุคคล (ขจรศักดิ์ บัระพันธ์, 2554) ปรากฏการณ์ที่เป็นหัวข้อในการวิจัยครั้งนี้คือการมองเห็น รายละเอียดของบริบทวิจัย พลวิจัย การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังต่อไปนี้

บริบทวิจัย

การวิจัยนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2556 ณ โรงเรียนปทุมราชวงศา ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอำนาจเจริญ โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 และมีนักเรียนจำนวนทั้งหมด 1,789 คน ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 8 ห้อง (ม. 2/1 – ม. 2/8) ห้องละประมาณ 40 คน นักเรียนในแต่ละห้องมีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นนักเรียนในห้อง ม. 2/1 ซึ่งมีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมสูงกว่านักเรียนห้องอื่นๆ ในช่วงเวลาของการดำเนินการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทุกคน กำลังเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน จำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์ (คาบละ 50 นาที) โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการแยกสาร ปฏิกิริยาเคมี ทรัพยากรทางธรณี และแรง นักเรียนเหล่านี้จะได้เรียนเรื่องแสง (รวมทั้งการมองเห็น) ในภาคเรียนที่ 2 ซึ่งเป็นภาคเรียนถัดไป

พลวิจัย

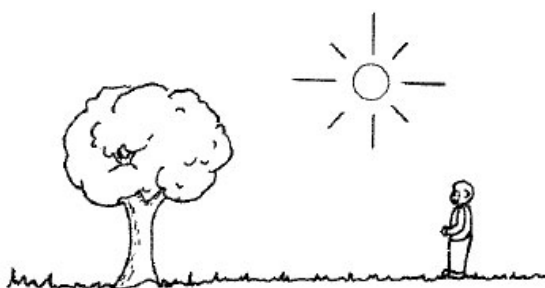
พลวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (อายุประมาณ 13 – 14 ปี) จำนวน 6 คน ซึ่งทั้งหมดอยู่ในห้อง ม. 2/1 พลวิจัยทั้งหมดได้มาโดยการเลือกแบบจำเพาะ

เจาะจง (Purposeful sampling) โดยผู้วิจัยพิจารณาจากคะแนนการสอบกลางภาคของนักเรียนแต่ละคน ในจำนวน 6 คนนี้ พหุวิจัยประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนสูง กลุ่มที่ได้คะแนนปานกลาง และกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ กลุ่มละ 2 คน (ชาย 1 คน และหญิง 1) โดยพหุวิจัยทุกคนเคยเรียนเรื่องแสงมาแล้วในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้แจ้งให้พหุวิจัยทุกคนทราบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยว่า ผู้วิจัยต้องการศึกษาความเข้าใจเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแสงและการมองเห็น เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนในภาคเรียนถัดไป ในรายงานฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงพหุวิจัยแต่ละคน โดยใช้สัญลักษณ์ S แล้วตามด้วยตัวเลข 1 - 6 (เช่น S1, S2, และ S3 เป็นต้น)

การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล ในการนี้ ผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ซึ่งผู้วิจัยพัฒนามาจากคำถามของ Anderson & Smith (1986: 21) สถานการณ์นี้ประกอบด้วยดวงอาทิตย์ ต้นไม้ และผู้สังเกต โดยผู้สังเกตกำลังยืนมองต้นไม้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงสถานการณ์ในการสัมภาษณ์นักเรียน

ในการนี้ ผู้วิจัยให้นักเรียนได้วาดภาพเพื่อแสดงและอธิบายว่า ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร จากนั้น ผู้วิจัยจึงถามต่อไปว่า แสงเกี่ยวข้องกับ การมองเห็นต้นไม้ของผู้สังเกตหรือไม่ และอย่างไร ในกรณีที่นักเรียนเขียนลูกศรลงบนภาพ ผู้วิจัยจะใส่หมายเลขกำกับลูกศรแต่ละเส้น พร้อมทั้งถามนักเรียนว่า ลูกศรแต่ละเส้นมีความหมายอย่างไร

การสัมภาษณ์เกิดขึ้นในช่วงเวลาพักกลางวัน ณ ห้องพักรู โดยผู้วิจัยคนที่ 1 เป็นผู้สัมภาษณ์ การสัมภาษณ์แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที (ซึ่งรวมเวลาในการสัมภาษณ์เรื่องอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากเรื่องการมองเห็น) ในการนี้ ผู้วิจัยได้แจ้งให้นักเรียนทุกคนทราบว่า ผู้วิจัยทำการบันทึกเสียง โดยชื่อและสกุลของนักเรียนทุกคนจะถูกเก็บเป็นความลับและไม่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะ โดยข้อมูลจากการสัมภาษณ์จะไม่มีผลใดๆ ต่อการตัดสินผลการเรียนในทุกรายวิชาที่ผู้วิจัยสอน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยคนที่ 1 ได้ถอดคำพูดจากการสัมภาษณ์ของนักเรียนทุกคนแบบคำต่อคำ (Verbatim transcription) จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 อ่านและตีความคำพูดของนักเรียนแต่ละคน ร่วมกับการพิจารณาภาพที่นักเรียนแต่ละคนวาดในระหว่างการสัมภาษณ์ ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลแต่ละส่วน จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 จึงนำเสนอผลการตีความให้ผู้วิจัยคนที่ 2 ตรวจสอบ และหากผู้วิจัยคนที่ 2 มีข้อสงสัยเกี่ยวกับการตีความของผู้วิจัยคนที่ 1 ผู้วิจัยทั้งสองคนนำข้อมูลกลับมาพิจารณาอีกครั้งอย่างละเอียด พร้อมทั้งตีความและอภิปรายจนกระทั่งได้ข้อสรุปร่วมกัน

ผลการวิจัย

จากการพิจารณาข้อมูลที่ได้จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 คน โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละคนมีคำอธิบายเกี่ยวกับการมองเห็นที่มีลักษณะเฉพาะ กล่าวคือ แม้ว่าคำอธิบายของ

นักเรียนคนหนึ่งอาจมีลักษณะบางประการที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกับคำอธิบายของนักเรียนอีกคนหนึ่ง แต่ไม่มีคำอธิบายของนักเรียนคูใดเลยที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเขียนรังสีของแสงของนักเรียนแต่ละคน

นักเรียน	รังสีของแสง*					
	$S \rightarrow T$	$T \rightarrow H$	$S \rightarrow H$	$H \rightarrow S$	$T \rightarrow S$	$H \rightarrow T$
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	-	-	-	-
S1	✓	-	-	✓	-	-
S2	-	-	✓	-	-	✓
S3	✓	-	✓	✓	-	-
S4	✓	✓	✓	✓	-	✓
S5	✓	✓	-	-	-	✓
S6**	✓	✓	-	-	-	-
รวม	5	3	3	3	0	3

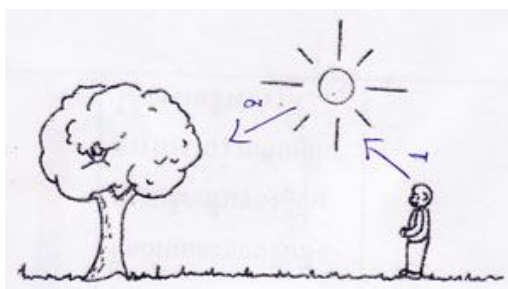
* S หมายถึง ดวงอาทิตย์ (Sun); H หมายถึง คน (Human); และ T หมายถึง ต้นไม้ (Tree)

** S6 วาดเพียงเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง แต่ระบุทิศทางของเส้นทางเหล่านั้นในระหว่างการสัมภาษณ์

ในการนี้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอคำอธิบายของนักเรียนแต่ละคนเป็นรายการนี้ ดังนี้

คำอธิบายแบบที่ 1

นักเรียนคนที่ 1 (S1) ให้ข้อมูลกับผู้วิจัยโดยการวาดภาพที่ 2 เพื่อประกอบการอธิบายว่า “ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร” ดังนี้



ภาพที่ 2 ผลงานของนักเรียนคนที่ 1

กล่าวคือ นักเรียนคนนี้อวดลูกศร 2 เส้น โดยเส้นที่ 1 มีทิศชี้จากผู้สังเกตไปยังดวงอาทิตย์ และเส้นที่ 2 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังต้นไม้ ในกรณีนี้ นักเรียนคนนี้เขียนให้ข้อมูลไว้ว่า “เพราะมีแสงพระอาทิตย์ที่ช่วยส่องให้เรามองเห็นต้นไม้ได้” นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า:

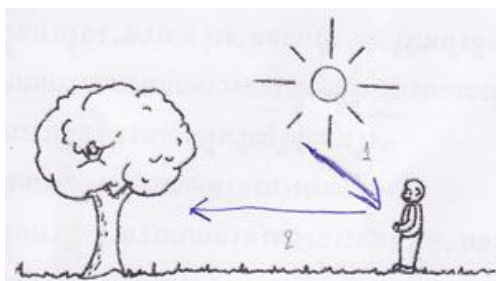
- T คนมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร
- S1 เพราะมีแสงอาทิตย์ที่ช่วยให้(เขา)มองเห็น
- T แล้วทำไมลูกศร (ที่ 1) จึงชี้จากคนไปหาดวงอาทิตย์
- S1 เพราะ(คำถาม)ถามว่า คนมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร
- T คน...กับดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- S1 ไม่มี
- T แล้วทำไมลูกศร (ที่ 2) จึงชี้จากดวงอาทิตย์ไปหาต้นไม้
- S1 เพราะ(แสง)ทำให้คนมองเห็นต้นไม้

จากภาพ ข้อความ และบทสนทนาข้างต้น สิ่งที่ผู้วิจัยสามารถสรุปได้จากข้อมูลข้างต้นคือว่า นักเรียนคนที่ 1 เข้าใจเพียงว่า “แสงช่วยให้เกิดการมองเห็น” ทั้งนี้เพราะนักเรียนคนนี้แทบไม่ได้ให้คำอธิบายอื่นเลยว่า แสงเกี่ยวข้องกับการมองเห็นต้นไม้

อย่างไร เช่น แสงเคลื่อนที่หรือไม่ แสงเคลื่อนที่อย่างไร หรือ แสงเคลื่อนที่จากที่ใดไปยังที่ใด เป็นต้น นักเรียนคนนี้ไม่สามารถบอกความหมายของทิศของลูกศรแต่ละเส้นที่ตนเองเขียนได้ อย่างไรก็ตาม การเขียนลูกศร 2 เส้น โดยเส้นหนึ่งชี้จากผู้สังเกตไปหาแหล่งกำเนิดแสง แล้วอีกเส้นหนึ่งชี้จากแหล่งกำเนิดแสงไปยังวัตถุ อาจพออบอกเป็นนัยได้ว่า นักเรียนคนที่ 1 เข้าใจว่า แสงทำหน้าที่เป็นคล้าย “สื่อ” หรือ “ตัวกลาง” ระหว่างผู้สังเกตและวัตถุ

คำอธิบายแบบที่ 2

นักเรียนคนที่ 2 (S2) ให้ข้อมูลกับผู้วิจัยโดยการวาดภาพที่ 3 เพื่อประกอบการอธิบายว่า “ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร” ดังนี้



ภาพที่ 3 ผลงานของนักเรียนคนที่ 2

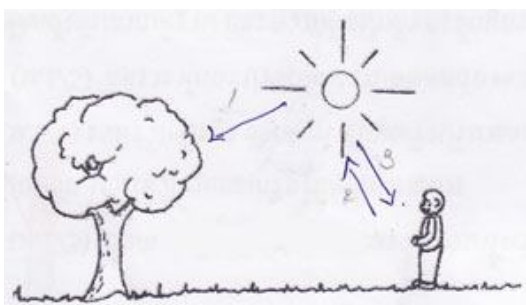
กล่าวคือ นักเรียนคนนี้วาดลูกศร 2 เส้น โดยเส้นที่ 1 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังผู้สังเกต และเส้นที่ 2 มีทิศชี้จากผู้สังเกตไปยังต้นไม้ ในการนี้ นักเรียนคนนี้เขียนให้ข้อมูลไว้ว่า “เพราะแสงอาทิตย์ทำให้สว่าง (คนจึง)สามารถมองเห็นได้ หากไม่มีแสงอาทิตย์ (คนก็จะไม่สามารถมองเห็นได้ ...” นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า:

- T ลูกศรนี้มีความหมายไหมคะ
- S2 มีค่ะ ... คือว่า ถ้าไม่มีดวงอาทิตย์ ถ้าไม่มีแสงสว่าง เราก็จะไม่สามารถมองเห็นได้ ...
- T ทำไมหัวลูกศรต้องหันมาหาคน
- S2 เพราะว่าแสงอาทิตย์ เพราะว่าแดดต้อง ... [เงียบ]
- T หัวลูกศรแสดงอะไรคะ
- S2 แสดงว่า ดวงอาทิตย์ทำให้เรามองเห็นต้นไม้
- T ทำไมต้องมีลูกศรชี้จากคนมาหาต้นไม้
- S2 ทำให้มองเห็นว่า (แสง) จากดวงอาทิตย์มาหาเรา [ชี้ไปที่ลูกศรที่ 1] แล้วเราก็จะมองเห็นต้นไม้ [ชี้ไปที่ลูกศรที่ 2]

จากภาพ ข้อความ และบทสนทนาข้างต้น นักเรียนคนที่ 2 มีความเข้าใจที่คล้ายกับความเข้าใจของนักเรียนคนที่ 1 นั่นคือ นักเรียนคนนี้มีความเข้าใจว่า “แสงช่วยให้เกิดการมองเห็น” อย่างไรก็ตาม จากประโยคสุดท้ายของบทสนทนาข้างต้น นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลว่า ลูกศรที่ 1 สื่อความหมายว่า แสงจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาหาผู้สังเกต ดังนั้น นักเรียนคนนี้จึงมีความเข้าใจบางส่วนแล้วว่า “การมองเห็นเกิดจากการเคลื่อนที่ของแสง” และในประโยคเดียวกัน นักเรียนคนนี้ยังระบุว่า ลูกศรที่ 2 แสดงถึงทิศของการมองของผู้สังเกต ซึ่งอาจสื่อถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่ว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ ได้นั้น ผู้สังเกต “ต้อง” เฟ่งมองไปยังวัตถุนั้น

คำอธิบายแบบที่ 3

นักเรียนคนที่ 3 (S3) ให้ข้อมูลกับผู้วิจัยโดยการวาดภาพที่ 4 เพื่อประกอบการอธิบายว่า “ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร” ดังนี้



ภาพที่ 4 ผลงานของนักเรียนคนที่ 3

กล่าวคือ นักเรียนคนนี้วาดลูกศร 3 เส้น โดยเส้นที่ 1 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังต้นไม้ เส้นที่ 2 มีทิศชี้จากผู้สังเกตไปยังดวงอาทิตย์ และเส้นที่ 3 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังผู้สังเกต ในการนี้ นักเรียนคนนี้เขียนให้ข้อมูลไว้ว่า “เพราะมีแสงสะท้อนกับต้นไม้ จึงทำให้เรามองเห็นได้” โดยคำว่า “สะท้อน” ของนักเรียนคนที่ 3 ณ ที่นี้มีความหมายเดียวกับคำว่า “ตกกระทบ” ในทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า:

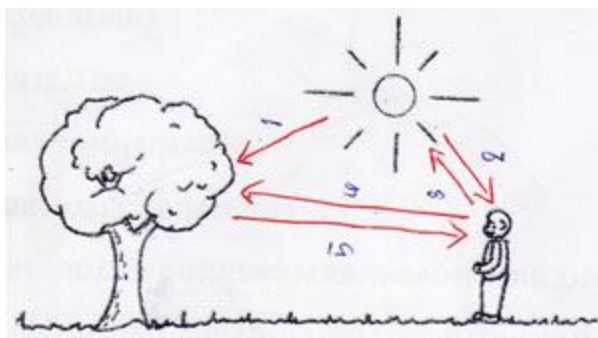
- T ลูกศรของเรามี 3 เส้น ทั้ง 3 เส้นมีความหมายเหมือนหรือต่างกัน
 S3 ต่างกัน คือ [ชี้ไปที่ลูกศรเส้นที่ 3] แสงมาที่ตาเรา
 T เส้นที่ 2 (หมายความว่าอย่างไร)
 S3 (หมายถึง) เวลาเรามองขึ้นไปหาดวงอาทิตย์ ส่วนเส้นที่ 1 หมายความว่า แสงสะท้อนมาที่ต้นไม้ ทำให้เรามองเห็นได้

จากภาพ ข้อความ และบทสนทนาข้างต้น นักเรียนคนที่ 3 สื่อถึงความเข้าใจที่ว่า การมองเห็นนั้นเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแสง ซึ่งประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุ และการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิดมายังผู้สังเกต ดังแสดงโดยลูกศรที่ 1 และ 3 ตามลำดับ กล่าวคือ การมองเห็นจะเกิดขึ้นได้นั้น

ก็ต่อเมื่อทั้งวัตถุและผู้สังเกตต้องได้รับแสงจากแหล่งกำเนิด และนอกจากนี้แล้ว ผู้สังเกตยังต้องมองไปยังแหล่งกำเนิดด้วย ดังแสดงโดยลูกศรที่ 2 ซึ่งแสดงถึงทิศของการมองของผู้สังเกต และหากเปรียบเทียบภาพที่ 4 ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนคนที่ 3 กับภาพที่ 2 ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนคนที่ 1 แล้ว สิ่งที่แตกต่างกันมีเพียงแค่ลูกศรที่ 3 ซึ่งแสดงถึงการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิดมายังผู้สังเกต ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า การมองเห็นเกิดจากการที่แสงเคลื่อนที่มายังดวงตา

คำอธิบายแบบที่ 4

นักเรียนคนที่ 4 (S4) ให้ข้อมูลกับผู้วิจัยโดยการวาดภาพที่ 5 เพื่อประกอบการอธิบายว่า “ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร” ดังนี้



ภาพที่ 5 ผลงานของนักเรียนคนที่ 4

กล่าวคือ นักเรียนคนนี้วาดลูกศร 5 เส้น โดยเส้นที่ 1 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังต้นไม้ เส้นที่ 2 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังผู้สังเกต เส้นที่ 3 มีทิศชี้จากผู้สังเกตไปยังดวงอาทิตย์ เส้นที่ 4 มีทิศชี้จากผู้สังเกตไปยังต้นไม้ และเส้นที่ 5 มีทิศชี้จากต้นไม้ไปยังผู้สังเกต ในการนี้ นักเรียนคนนี้เขียนให้ข้อมูลไว้ว่า “คนสามารถมองเห็นต้นไม้ได้ เพราะแสงอาทิตย์สะท้อนกับตาเราและสะท้อนกับต้นไม้ ทำให้ตาเราสามารถมองเห็นต้นไม้ได้” ซึ่งคำว่า “สะท้อน” ของนักเรียนคนที่ 4 ณ ที่นี้มีความหมายเดียวกับคำว่า “ตก

กระทบ” ในทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า:

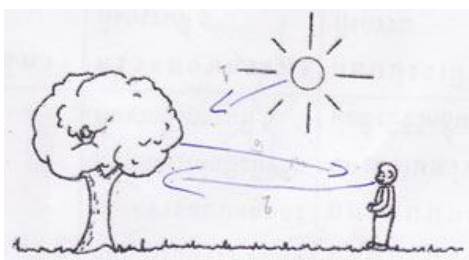
- S4 แสงจากดวงอาทิตย์จะส่องไปได้ทุกทิศ และจะมีแสงบางส่วนส่องลงมากระทบกับเลนส์ตา(ของ)เราและกระทบกับวัตถุ ทำให้ ... แสงที่กระทบกับวัตถุมากระทบกับเลนส์ตา(ของ)เราด้วย
- T ลูกศรที่ 1 กับลูกศรที่ 5 มีความหมายเดียวกันไหมคะ
- S4 ก็คล้ายกันค่ะ คือแสงจากดวงอาทิตย์จะมากระทบกับวัตถุ แล้วแสงจากวัตถุก็จะสะท้อนมากระทบกับเลนส์ตาของเรา
- T ลูกศรที่ 4 หมายความว่าอย่างไร ... ทำไม(ลูกศรที่ 4)ต้องชี้จากคนไปหาด้านไม้
- S4 ... เพื่อแสดงว่า สายตา(ของ)เรามองเห็นวัตถุได้

จากภาพ ข้อความ และบทสนทนาข้างต้น นักเรียนคนที่ 4 อธิบายอย่างชัดเจนว่า แสงจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ไปทุกทิศทาง ซึ่งบางส่วนจะตกกระทบวัตถุ และบางส่วนจะตกกระทบผู้สังเกต ดังแสดงโดยลูกศรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยการมองเห็นจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุ แล้วแสงจากวัตถุนั้นจะสะท้อนไปยังดวงตาของผู้สังเกต ดังแสดงโดยลูกศรที่ 1 และ 5 ตามลำดับ ภาพและคำอธิบายส่วนนี้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม นักเรียนคนนี้ได้ให้ข้อมูลอื่นๆ ที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็นด้วย เช่น ลูกศรที่ 3 และ 4 ซึ่งหมายถึงทิศของการมองของผู้สังเกต ไม่ใช่ทิศการเคลื่อนที่ของแสง ลูกศรทั้งสองนี้อาจสื่อถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่ว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ ได้นั้น ผู้สังเกต “ต้อง” เฟ่งมองไปยังแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุนั้น นักเรียนคนนี้จึงมีทั้งความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเดิมบางอย่างที่อาจคลาดเคลื่อน หรือในอีกกรณีหนึ่ง

ที่เป็นไปได้ นักเรียนคนนี้มีสมาธิที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถเขียนลูกศรเพื่อสื่อความเข้าใจนั้นได้อย่างถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

คำอธิบายแบบที่ 5

นักเรียนคนที่ 5 (S5) ให้ข้อมูลกับผู้วิจัย โดยการวาดภาพที่ 6 ประกอบการอธิบายว่า “ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร” ดังนี้



ภาพที่ 6 ผลงานของนักเรียนคนที่ 5

กล่าวคือ นักเรียนคนนี้อวาดลูกศร 3 เส้น โดยเส้นที่ 1 มีทิศชี้จากดวงอาทิตย์ไปยังต้นไม้ เส้นที่ 2 มีทิศชี้จากผู้สังเกตไปยังต้นไม้ และเส้นที่ 3 มีทิศชี้จากต้นไม้ไปยังผู้สังเกต ในการนี้ นักเรียนคนนี้เขียนให้ข้อมูลไว้ว่า “แสงเดินทางไปหาวัตถุ แล้วสะท้อนเข้าดวงตา” นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า:

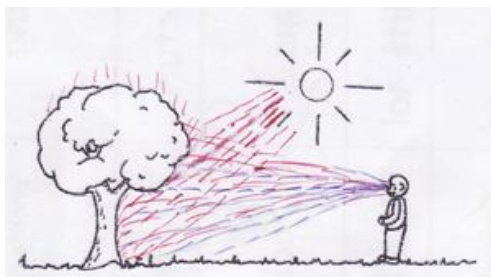
- T เราทำลูกศรมาทั้งหมด 3 เส้น ทั้ง 3 เส้นนี้มีความหมายเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
- S5 ลูกศร(ที่) 1 (ชี้) จากดวงอาทิตย์ไปหาต้นไม้ แสดงว่า แสงเดินทางไปหาต้นไม้ ลูกศร(ที่) 2 (หมายความว่า) คนมองเห็นต้นไม้ ซึ่งต้นไม้ก็โดนแสง ... และในขณะเดียวกัน ต้นไม้ก็สะท้อนแสงมายังมนุษย์
- T เส้นไหนที่แสดงว่า ต้นไม้สะท้อนแสง(มายังมนุษย์)

S5 เส้นที่ 3

จากภาพ ข้อความ และบทสนทนาข้างต้น นักเรียนคนที่ 5 อธิบายอย่างชัดเจนว่า การมองเห็นนั้นเกิดขึ้น ก็ต่อเมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุ แล้วแสงจากวัตถุนั้นจะสะท้อนไปยังผู้สังเกต ดังแสดงโดยลูกศรที่ 1 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ลูกศรที่ 2 เป็นเพียงแสดงถึงทิศของการมองของผู้สังเกตเท่านั้น ไม่ใช่การแสดงทิศการเคลื่อนที่ของแสง เช่นเดียวกันนักเรียนคนที่ 4 และนักเรียนคนที่ 2 ลูกศรที่ 2 นี้ อาจสื่อถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่ว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ ได้นั้น ผู้สังเกต “ต้อง” เพ่งมองไปยังวัตถุนั้น นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างภาพที่ 6 ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนคนที่ 5 กับภาพที่ 4 ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนคนที่ 3 แล้ว สิ่งที่แตกต่างกันมีเพียงการขาดหายไปของลูกศร 2 เส้น ระหว่างแหล่งกำเนิดและผู้สังเกต นั้นหมายความว่า นักเรียนคนที่ 5 อาจมีความเข้าใจแล้วว่า การมองเห็นวัตถุใดๆ นั้นไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแสงระหว่างแหล่งกำเนิดและผู้สังเกต

คำอธิบายแบบที่ 6

นักเรียนคนที่ 6 (S6) ให้ข้อมูลกับผู้วิจัย โดยการวาดภาพที่ 7 ประกอบการอธิบายว่า “ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ได้อย่างไร” ดังนี้



ภาพที่ 7 ผลงานของนักเรียนคนที่ 6

กล่าวคือ นักเรียนคนนี้อาจเล่นจำนวนมาก แต่ไม่มีการแสดงทิศของเส้นเหล่านั้น เส้นส่วนหนึ่งเชื่อมโยงระหว่างแหล่งกำเนิดและวัตถุ และเส้นอีกส่วนหนึ่งเชื่อมโยงระหว่างวัตถุและผู้สังเกต ในการนี้ นักเรียนคนนี้เขียนให้ข้อมูลไว้ว่า “(แสง)กระจายเป็นวงกว้าง ... สายตาของคนเรามาทางตรง (ทำให้เรา)จะเห็นภาพต้นไม้ชัดเจน เพราะมีแสงแดดกระจายออกมา ทำให้เห็น(ต้นไม้)ชัดเจนมากขึ้น” นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนคนนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า:

- T (ที่)เราวาด...แบบนี้หมายความว่าอย่างไร
- S6 หมายความว่า แสงมากระทบต้นไม้ แล้วมาที่ตา(ของ)เรา ทำให้ต้นไม้สว่าง ทำให้ต้นไม้มีแสง(สะท้อน)เหมือนดวงจันทร์ เราจึงมองเห็นดวงจันทร์ในที่มืด
- T มันเป็นความสว่างที่เกิดขึ้นจากต้นไม้เลยไหม
- S6 ไม่ครับ (มันเป็นแสง)จากดวงอาทิตย์ที่ส่องมา
- T แล้วเส้นที่เราวาดหมายความว่าอย่างไร สองส่วนนี้เหมือนกันไหม
- S6 ไม่ครับ [ชี้เส้นต่างๆ ที่อยู่ระหว่างดวงอาทิตย์กับต้นไม้] แสงตกกระทบต้นไม้ [ชี้เส้นต่างๆ ระหว่างต้นไม้กับคน] แล้วมาที่ตา ทำให้เรามองเห็น (เมื่อคน)มองมาตรงๆ (คน)ก็จะเห็นชัด ...

จากภาพ ข้อความ และบทสนทนาข้างต้น นักเรียนคนที่ 6 อธิบายอย่างชัดเจนว่า การมองเห็นนั้นเกิดขึ้น ก็ต่อเมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุ แล้วแสงจากวัตถุนั้นจะสะท้อนไปยังผู้สังเกต อย่างไรก็ตาม นักเรียนคนนี้ไม่ใช้ “ลูกศร” เพื่อแสดงทิศการเคลื่อนที่ของแสง นั่นหมายความว่า นักเรียนคนนี้อาจยังไม่เข้าใจว่า ลูกศรเป็นเครื่องมือหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อแสดงและอธิบายการเคลื่อนที่ของแสง

บทสรุป การอภิปรายผล และการนำไปใช้ประโยชน์

บทความวิจัยนี้นำเสนอคำอธิบาย 6 แบบ ที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 คน ใช้ในการอธิบายการมองเห็นในสถานการณ์ ที่ซึ่งผู้สังเกตคนหนึ่งยืนมอง ต้นไม้ในบริเวณที่มีแสงของดวงอาทิตย์ คำอธิบายเหล่านี้ได้มาจากการวิเคราะห์คำ สัมภาษณ์ของนักเรียนแต่ละคน โดยคำอธิบายของนักเรียนแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะที่ แตกต่างกันในจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีนักเรียนเพียงคนเดียว (S6) ที่สามารถอธิบาย การมองเห็นได้อย่างสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม นักเรียนคนนี้ ยังไม่สามารถวาด “รังสีของแสง” เพื่อแสดงและอธิบายการมองเห็นได้แบบเดียวกับ นักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ นักเรียนเพียง 3 คน (S4 S5 และ S6) เท่านั้นที่มีแนวโน้มจะ เข้าใจว่า การเคลื่อนที่ของแสงจากวัตถุไปยังผู้สังเกตเป็นสิ่งจำเป็นในการมองเห็น ในขณะที่นักเรียน 3 คน (S2 S3 และ S4) เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเคลื่อนที่ของแสง “โดยตรง” จากแหล่งกำเนิดไปยังผู้สังเกตเป็นสิ่งจำเป็นในการมองเห็นวัตถุใดๆ ทั้งๆ ที่ การเคลื่อนที่ของแสงในลักษณะดังกล่าวช่วยให้ผู้สังเกตมองเห็นแหล่งกำเนิดเท่านั้น (ไม่ใช่วัตถุใดๆ) นอกจากนี้ นักเรียน 3 คน (S2 S4 และ S5) มีแนวโน้มที่จะเข้าใจ คลาดเคลื่อนว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ ผู้สังเกตจำเป็น “ต้อง” เฟ่งมองวัตถุนั้น ทั้งๆ ที่ ในความเป็นจริงแล้ว การมองเห็นวัตถุหนึ่งวัตถุใดสามารถเกิดขึ้นได้โดยที่ผู้สังเกตไม่ จำเป็นต้องมองไปยังวัตถุนั้น ผลการศึกษานี้ส่วนหนึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้า นี้ (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ & วรธมทิพา รอดแรงคำ, 2552ช; Anderson & Smith, 1986; Selley, 1996)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนแต่ละคนอาจมีความเข้าใจและ คำอธิบายเกี่ยวกับการมองเห็นที่แตกต่างกัน ความแตกต่างนี้เป็นความท้าทายของ ผู้วิจัย (ในฐานะผู้สอนเรื่องแสงและการมองเห็น) ที่ต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนเหล่านี้มีความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ในการนี้ ผู้วิจัยได้ทราบถึงสิ่งสำคัญที่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน

ตัวอย่างเช่น ในกรณีของนักเรียน 3 คน (S2 S3 และ S4) ที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเคลื่อนที่ของแสง “โดยตรง” จากแหล่งกำเนิดไปยังผู้สังเกตเป็นสิ่งจำเป็นในการมองเห็นวัตถุใดๆ นักเรียนเหล่านี้อาจจำเป็นต้องอธิบายร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์ต่างๆ (เช่น การที่ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ในขณะที่ตนเองหันหลังให้ดวงอาทิตย์ การที่ผู้สังเกตมองเห็นต้นไม้ในเวลาที่เหมาะสมกับดวงอาทิตย์ และการที่ผู้สังเกตมองเห็นดวงจันทร์ในตอนกลางคืน เป็นต้น) ทั้งนี้เพื่อหาข้อสรุปร่วมกันว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ การเคลื่อนที่ของแสง “โดยตรง” จากแหล่งกำเนิดไปยังผู้สังเกตเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น และในกรณีของนักเรียน 3 คน (S2 S4 และ S5) ที่มีแนวโน้มที่จะเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ ผู้สังเกตจำเป็นต้อง “ต้อง” เฟ่งมองวัตถุนั้น นักเรียนเหล่านี้อาจจำเป็นต้องสังเกตด้วยตัวเองว่า ในขณะที่นักเรียนกำลังเฟ่งมองวัตถุใดๆ เป็นพิเศษ นักเรียนก็สามารถมองเห็นวัตถุอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับวัตถุนั้นด้วยเช่นกัน ผลการสังเกตนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่า ในการมองเห็นวัตถุใดๆ ผู้สังเกตไม่จำเป็นต้องเฟ่งมองไปยังวัตถุนั้น นอกจากนี้ นักเรียนอีกหลายคนควรได้รับข้อมูลว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ “ลูกศร” หรือ “รังสีของแสง” เพื่อแสดงและอธิบายการเคลื่อนที่ของแสง ไม่ใช่ทิศของการมองเห็นของผู้สังเกต จากตัวอย่างทั้งหมดข้างต้น ผู้วิจัยขอแสดงการสนับสนุนข้อเสนอของ ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ & วรณทิพา รอดแรงคำ (2552ก) ที่ว่า การวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนสามารถให้ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการมองเห็นได้อย่างตรงประเด็น

เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2554). **วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ค่อมมาดีไซน์แอนด์พริ้นท์.

- ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ & วรณทิพา รอดแรงคำ. (2552ก). การศึกษาสภาพการเรียนรู้ การสอนแนวคิดเรื่องแสงของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใน โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. **วารสารวิจัย มข.**, 14(4), 297 – 309.
- ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ & วรณทิพา รอดแรงคำ. (2552ข). การสำรวจมโนคติเรื่องแสง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. **วารสาร วิจัย มข.**, 14(4), 310 – 322.
- Anderson, C. W. & Smith, E. L. (1986). **Children’s Conceptions of Light and Color: Understanding the Role of Unseen Rays**. ERIC Document Reproduction 270 318.
- Erickson, F. (1985). **Qualitative Methods in Research on Teaching: Occasional Paper No. 81**. ERIC Document Reproduction 263 203.
- Selley, N. J. (1996). Towards a Phenomenography of Light and Vision. **International Journal of Science Education**, 18(7), 837 – 846.