



ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชันที่มีต่อมโนคติ
เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Effect of Inquiry Approach Embedded with Peer Instruction on Light and
Vision Concepts of Grade 11 Students

ฐิติคมภัก ขนอย*

Thitikom Khanoie

เดชา ศุภพิทยากรณ์**

Decha Suppapittayaporn

นิคม พงษ์ประเสริฐ**

Nikom Pongprasert

Received : July 21, 2018

Revised : September 27, 2018

Accepted : October 15, 2018

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน ที่มีต่อมโนคติเกี่ยวกับเรื่องแสงและการมองเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอรุณวิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 36 คน ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนชาติพันธุ์ต่างๆ ที่ไม่ได้ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่หนึ่ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน จำนวน 5 แผน ซึ่งผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 2) แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็น ซึ่งได้ผ่านการประเมินจนเป็นที่ยอมรับได้ การจัดการเรียนรู้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 และใช้เวลา 20 คาบ (4 สัปดาห์) การวิเคราะห์ผลการทดสอบก่อนและหลังเรียน โดยพิจารณาค่า Class Average Normalized Gain ($\langle g \rangle$) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.27 แสดงว่ามโนคติของนักเรียนเกี่ยวกับแสงและการมองเห็นเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ การจัดการเรียนรู้อย่างนี้จะต้องมีการปรับปรุงวิธีการสื่อสารของครูผู้สอนกับนักเรียนในการจัดการเรียนรู้เป็นภาษาไทยซึ่งดูจะเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับการพัฒนามโนคติของนักเรียนชาติพันธุ์

คำสำคัญ : เพียร์ อินสตรัคชัน / แสงและการมองเห็น / การสืบเสาะหาความรู้

*นักศึกษาลัทธิศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Master of Education Program in Education, Faculty of Education Chiang Mai University

**อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์และสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Lecturer in physics and science education Faculty of Education Chiang Mai University

ABSTRACT

This research studies the result of inquiry embedded with peer instruction approach on 36 grade 11 students' concepts of light and vision at Arunothai Wittayakom School, Chiang Mai. Most students are from different ethnics groups whose Thai is not used as first language. The research tools are; 1) 5 inquiry embedded with peer instruction lesson plans which were verified by several experts in the field, and 2) a light and vision concepts inventory which was validated to be acceptable. The learning engagement was done in the 2nd semester of 2017 academic year and lasted for 20 hours (4 weeks). The analysis of pre-post scores, considering the class average normalized gain ($\langle g \rangle$), it indicates that the gain is 0.27 which means that the students' light and vision concepts were only slightly improved. The engagement needed to be refined in detail for a better result, e.g., to improve teacher-students communication in the engagement with Thai language which seems to be the main obstacle for enhancing ethnic groups students' concepts.

Keywords : Peer Instruction / Light and Vision / Inquiry

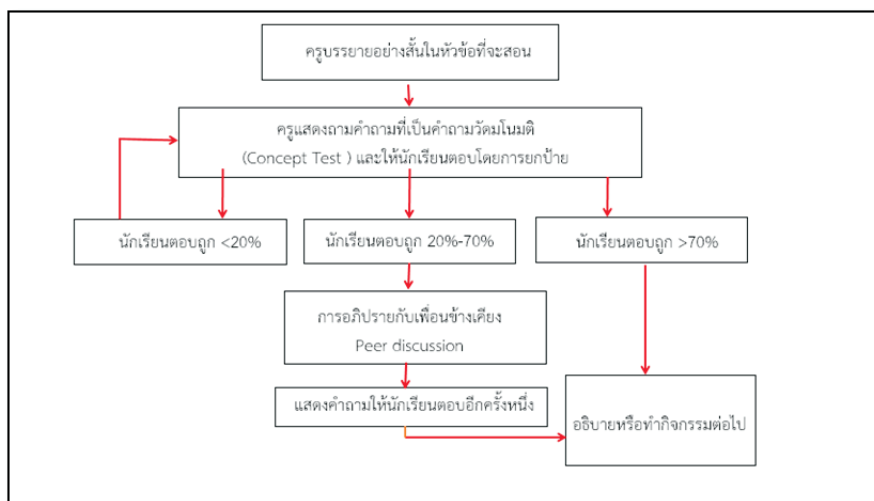
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาธรรมชาติทางกายภาพ และปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายธรรมชาติ และสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติมและพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ดังที่ Sangpradit. (2015) ได้กล่าวถึงมโนคติในวิชาฟิสิกส์ที่ถูกต้องว่ามีความสำคัญอย่างมากในการอธิบายปรากฏการณ์รอบๆ ตัว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้นอกจากนั้นแล้วยังเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้มโนคติที่มีความซับซ้อนขึ้น แต่บางครั้งมโนคติที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์หรือทางฟิสิกส์อาจยากเกินความเข้าใจของผู้เรียน จึงทำให้ผู้เรียนเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนสอดคล้องกับ Keokaew. (1997) ได้กล่าวว่าในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆ นั้นมีปัญหาและอุปสรรคหลายประการที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างถ่องแท้ มีโอกาสเพียงได้รับทราบแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น สาเหตุประการหนึ่งในหลายๆ สาเหตุคือ นักเรียนมีมโนคติความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นและอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นตามความรู้สึกละตินของตนเอง โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์

จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์มากมาย ดังเช่นงานวิจัยของ Buarapan. & Singh. (2007) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ธรรมชาติของแรง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แรงเสียดทาน และแรงโน้มถ่วง งานวิจัยของ Linder. & Erickson. (1989) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ธรรมชาติของเสียง การเกิดเสียงและการได้ยิน เช่นเดียวกับ Sangpradit. & Rodranka. (2009) ที่ได้สำรวจมโนคติเรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ธรรมชาติของแสง การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ การหักเหของแสงและการมองเห็น

การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน ผู้สอนจำนวนหนึ่งใช้วิธีสอนที่เน้นการบรรยายและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการส่งผลให้ผู้เรียนไม่มีโอกาสร่วมเรียนรู้ คิดแก้ปัญหา ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้เรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนในหลาย

เรื่อง (Chanserm., 2008) นักการศึกษาเสนอว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน ควรเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดมโนคติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้เชิงรุกหรือการให้นักเรียนได้มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น (Wuttiptom., 2006; Buarapan., 2007; Mazur., 1997; National Research Council, 2000) จากการศึกษา ผู้วิจัยพบว่า เพียร์ อินสตรัคชัน (Peer Instruction) เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนมีบทบาทหรือมีปฏิสัมพันธ์กับครู ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยศาสตราจารย์อีริก มาซูร์ (Eric Mazur) อาจารย์สอนวิชาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งออกแบบให้มีช่วงที่หยุดการบรรยายเป็นระยะ ๆ ระหว่างการสอน เพื่อตั้งคำถามแบบเลือกตอบเพื่อวัดความเข้าใจ ก่อนที่จะสอนหัวข้อต่อไป (Mazur, 1997) โดยมีรายละเอียดขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ เพียร์ อินสตรัคชัน (Mazur., 1997)

จากภาพที่ 1 เป็นแผนผังรูปแบบการสอน เพียร์ อินสตรัคชัน โดยขั้นแรกครูจะทำการบรรยายหัวข้อที่จะสอนเพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนอย่างสั้นๆ ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที จากนั้นครูจะนำคำถามที่เรียกว่า Concept Test ซึ่งเป็นคำถามแบบปรนัย เพื่อถ่วงความเข้าใจเดิมของนักเรียน ให้นักเรียนเลือกคำตอบโดยการโหวต ถ้านักเรียนตอบถูกมากกว่า 70% ครูอาจจะอธิบายเพิ่มเติมเพราะนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจแล้วหรือทำกิจกรรมต่อไป และถ้านักเรียนตอบถูกไม่ถึง 20% ครูอาจจะต้องกลับทบทวนหรือขยายความเกี่ยวกับคำถามใหม่ซึ่งนักเรียนอาจไม่เข้าใจในคำถามหรือคำถามซับซ้อนเกินไป แต่ถ้านักเรียนตอบถูกประมาณ 20-70% ครูจะให้นักเรียนหันไปคุยกับเพื่อนข้างเคียงแลกเปลี่ยนแนวคิดเพื่อให้เพื่อนสอนเพื่อนผ่านการอภิปราย (Peer discussion) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-3 นาที โดยที่ยังไม่เฉลย จากนั้นก็แสดงคำถาม Concept Test อีกครั้งหนึ่ง ให้นักเรียนโหวต เพื่อดูว่า นักเรียนเปลี่ยนแปลงคำตอบไปในทิศทางใด เพื่อที่จะได้ปรับแนวทางการสอนต่อไปซึ่งครูอาจจะอธิบายหรือให้นักเรียนทำกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ต่อไป กระบวนการดังกล่าวเป็นไปตามทฤษฎีการปรับเปลี่ยนมโนคติ (Posner., 1982; Driver., 1994, quoted in Suppapittayaporn, 2010a) ที่ว่าเมื่อนักเรียนเผชิญภาวะไม่สมดุลทางความคิด (Disequilibrium) จะมีแนวโน้มมองหาอุปแบบความรู้เพื่อคำอธิบายใหม่ ครูสามารถใช้โอกาสนี้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการความคิดสร้างความรู้โดยกระบวนการซึมซับ (Assimilation) เพื่อปรับโครงสร้างทางความรู้ (Accommodation) โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่

เอื้ออำนวย เช่นการให้คุยกับเพื่อน หรือการให้ทำกิจกรรมที่ให้เห็นหลักฐานเชิงประจักษ์โดยการสำรวจ สร้างคำอธิบายใหม่ ให้นักเรียนเข้าสู่สมดุลทางความคิดครั้งใหม่ (Equilibrium) จากการสืบเสาะหาความรู้

จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบเพียร์ อินสตรัคชัน มีส่วนช่วยทำให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ ดังเช่นผลการวิจัยของ Suppapittayaporn., et al. (2010a) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบเพียร์ อินสตรัคชัน เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบประเมิน Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ถูกต้องมากขึ้น คล้ายกับ Chalermchart. & Wuttiptom. (2015) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การใช้ชุดการทดลองร่วมกับการสอนแบบ เพียร์ อินสตรัคชัน เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ พบว่า กลุ่มทดลองมีความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ (Maleehuan. & Suppapittayaporn., 2017) ได้ศึกษาผลการสอนแบบเพียร์และกิจกรรมการลงมือปฏิบัติทางฟิสิกส์เพื่อพัฒนามโนคติเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีมโนคติเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนถูกต้องเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนอรุณทยวิทยาคม ผู้วิจัยได้สอนวิชาฟิสิกส์เรื่องแสง และพบว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแสงเชิงเรขาคณิตรวมทั้งการมองเห็นสีของวัตถุ ประกอบกับโรงเรียนอรุณทยวิทยาคมเป็นโรงเรียนที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล บริเวณชายแดนไทย-พม่า นักเรียนส่วนใหญ่เป็นนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ เป็นชาวเขาชนเผ่าต่าง ๆ ซึ่งค่อนข้างมีปัญหาด้านการใช้ภาษาไทยกลางและไม่คุ้นเคยกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการเรียนการสอน จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิพื้นฐาน (O-NET) ในปีการศึกษา 2558 ช่วงชั้นที่ 4 วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ในระดับโรงเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 28.35 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าระดับประเทศ (National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2015) และเมื่อแยกตามมาตรฐานการเรียนรู้ในมาตรฐาน ว 5.1 ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง พลังงาน นักเรียนโรงเรียนอรุณทยวิทยาคมมีคะแนนเฉลี่ย 30.59 ซึ่งถือว่าเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศโดยปกติ ผู้สอนได้ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ตามหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้อยู่ยังไม่สามารถมองเห็นความคิดของนักเรียนหรือทำให้การคิดของนักเรียนมีเสถียรภาพ การใช้วิธีการสอนแบบ เพียร์ อินสตรัคชัน เพิ่มเข้าไปในขั้นของการสร้างความสนใจหรือ Engagement น่าจะช่วยให้เห็นมโนคติของนักเรียนจากการโหวตเลือกคำตอบของคำถาม Concept Test และการอธิบายให้เพื่อนด้วยกัน (Peer Discussion) รวมทั้งการสำรวจ (Exploration) การสร้างคำอธิบาย (Explanation) การขยายความรู้ (Elaboration) การประเมิน (Evaluation) จะช่วยพัฒนามโนคติของนักเรียนได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน เพื่อพัฒนามโนคติเกี่ยวกับแสงและการมองเห็นของนักเรียน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

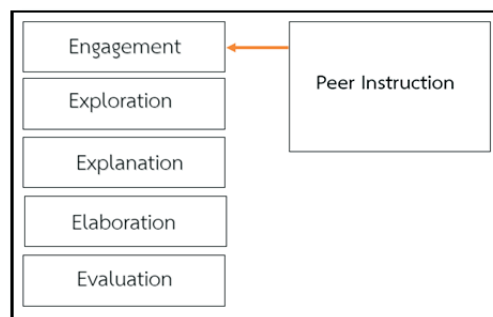
เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชันต่อมโนคติเรื่องแสงและการมองเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอรุณทยวิทยาคม อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน และแบบวัดมโนคติวิวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็น ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน ผู้วิจัยได้สร้างตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาหลักสูตรและตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องพลังงาน ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตามตัวชี้วัดที่ ว 5.1 ม 4-6
- 2) ศึกษาโมเดลที่คลาตรเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องแสงและการมองเห็นและกำหนดโมเดลที่ต้องการศึกษา จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนรู้และกำหนดเวลาที่ใช้สอนเป็น (1) เรื่องธรรมชาติของแสงและการเกิดเงา (2) เรื่องการสะท้อนของแสง (3) เรื่องการหักเหของแสง (4) เรื่องปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสง และ (5) เรื่องตาและการมองเห็นสีของวัตถุ โดยใช้เวลาในการสอนแผนละ 4 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง
- 4) ศึกษาหลักการ แนวคิด และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และเลือกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ ขั้นการสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นการสำรวจและค้นคว้า (Explore) ขั้นการอธิบาย (Explain) ขั้นการขยายความรู้ (Elaborate) และขั้นการประเมิน (Evaluate)
- 5) ศึกษาหลักการ แนวคิด และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบเพียร์ อินสตรัคชันจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ตามภาพที่ 1 และออกแบบวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน ในขั้นนำ (Engage) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจสอบและประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยพิจารณา ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม จนเป็นที่ยอมรับได้ก่อนนำไปใช้จริง

2. การสร้างแบบวัดมโนคติ ผู้วิจัยได้สร้างตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาหลักสูตรและตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง พลังงาน ตัวชี้วัดที่ ว 5.1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สสวท.) เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดประเด็นมโนคติวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องแสงและการมองเห็นที่

ต้องการศึกษา ซึ่งได้แบ่งกลุ่มมโนคติที่ต้องการศึกษาออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การสอนท่อนของแสง การหักเหของแสง และ ตาและการมองเห็นสี โดยพิจารณาโมนิตย้อยทั้งหมด 15

2) ศึกษาวิธีการวัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแสงและการมองเห็นและเลือกใช้คำถามแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 31 ข้อ

3) เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาตามหลักวิชาการเพื่อพิจารณาว่าคำถามมีความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมในการวัดมโนคติที่ศึกษาหรือไม่ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนเชียงดาววิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีบริบทใกล้เคียงกัน จำนวนนักเรียน 30 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์พบว่าค่าความยาก (p) ในช่วง 0.40 - 0.59 ค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 และหาค่าความเชื่อมั่น (KR-20) ได้ค่าเท่ากับ 0.59 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีความเชื่อมั่นปานกลาง

5) นำแบบวัดมโนคติใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมโนคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้วยวิธีการหา Class Average Normalized Gain (<g>) (Hake, 1998) ดังสมการ 1)

$$<g> = \frac{<\%post - \%pre>}{100 - \%pre} \text{-----} 1)$$

เมื่อ <g> เป็นค่า Class Average Normalized Gain
<%pre> เป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียน
<% post> เป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียน
โดยกำหนดเกณฑ์ประเมินตาม Hake (1998) ซึ่งแบ่งออกเป็น ระดับ ดังนี้ 3
ระดับสูง (High gain) ถ้าค่า <g> มากกว่า 0.7
ระดับปานกลาง (Medium gain) ถ้าค่า <g> อยู่ในช่วง 0.3 – 0.7
ระดับต่ำ (Low gain) ถ้าค่า <g> น้อยกว่า 0.3

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชันที่มีต่อมโนคติเรื่องแสงและการมองเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ผลการวัดก่อนและหลังการเรียนรู้แล้วพัฒนาการเปลี่ยนแปลงของมโนคติในแต่ละกลุ่มมโนคติที่ต้องการศึกษา ทำการหาค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังเรียน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Class Average Normalized gain (<g>) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มโนคติที่ศึกษาตามกลุ่ม ร้อยละคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนและค่า <g>

มโนคติที่ศึกษา	คำถาม ข้อที่	ร้อยละคะแนนเฉลี่ย		<g>
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
กลุ่มที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง				
1. เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ วัตถุจะสะท้อนแสงออกมาสู่ตา เราทำให้เรามองเห็นวัตถุ	1, 2	40.28	90.28	0.84
2. การสะท้อนของแสง มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน	3, 4	33.33	36.11	0.04
3. การเกิดภาพบนกระจกราบ จะเกิดภาพเสมือนด้านหลังกระจก ระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพ	5	33.33	50.00	0.25
4. การเกิดภาพในกระจกราบ ภาพที่เกิดจะกลับหน้าเป็นหลัง	7	55.56	80.56	0.56
5. การเกิดภาพบนกระจกเว้า จะเกิดภาพจริงด้านหน้ากระจก โดยที่ระยะวัตถุ มากกว่า เท่ากับ น้อยกว่า ระยะภาพ ส่วนภาพเสมือนจะเกิดด้านหลังกระจกระยะภาพ น้อยกว่าระยะวัตถุเสมอ	6	22.22	47.22	0.32
6. กระจกนูนให้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดภาพเล็กกว่าขนาดวัตถุ เกิดด้านหลังกระจก	8	27.78	41.67	0.19
7. กระจกเว้าให้ภาพจริงหัวกลับขนาด ใหญ่กว่า เท่ากับ เล็กกว่าวัตถุและภาพเสมือนหัวตั้งขนาดภาพใหญ่กว่าวัตถุ โดยภาพจริงอยู่ด้านหน้ากระจกและภาพเสมือนอยู่หลังกระจก	9, 10, 11, 12	27.08	45.14	0.25
รวม		34.23	55.85	0.33
กลุ่มที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง				
8. การมองเห็นวัตถุในตัวกลางต่างกัน เราจะเห็นวัตถุนั้นอยู่แตกต่างไปจากความเป็นจริง	13, 14	33.33	40.28	0.10
9. การมองเห็นวัตถุในตัวกลางต่างกัน เราจะเห็นขนาดของวัตถุนั้นแตกต่างไปจากความเป็นจริง	15, 16	36.11	72.22	0.57
10. เลนส์นูนจะสร้างภาพจริงหัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าเท่ากับ เล็กกว่าวัตถุและภาพเสมือนหัวตั้งขนาดใหญ่มากกว่าวัตถุ	17, 18, 19	19.44	21.30	0.02
11. การปิดเลนส์ไว้ส่วนหนึ่งภาพที่เห็นยังเหมือนเดิมเสมอ แต่สีของภาพจะจางลง	22	27.78	26.39	-0.02
12. เลนส์เว้า ทำให้เกิดภาพเสมือนหัวตั้งขนาดภาพเล็กกว่าขนาดวัตถุ ระยะภาพสั้นกว่า ระยะวัตถุเสมอ	20, 21	16.67	19.44	0.03
รวม		29.17	40.05	0.15

ตารางที่ 1 (ต่อ)

มโนคติที่ศึกษา	คำถาม ข้อที่	ร้อยละคะแนนเฉลี่ย		<g>
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
กลุ่มที่ 3 เรื่อง ตาและการมองเห็นสี				
13. แม่สีของสารสีคือ สารสีแดงม่วง สารสีเหลือง สารสีน้ำเงินเขียว ส่วนสารสีอื่นๆ เกิดจากการผสมแม่สี	23,24, 25	31.48	57.41	0.38
14. แม่สีของแสงสีคือ แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน ส่วนแสงสีอื่นๆ เกิดจากการผสมแม่สี	26, 27, 28, 29	27.08	56.94	0.41
15. สารสีกับแสงสีผสมกันไม่ได้ แสงสีมีสมบัติในการสะท้อนแสงสีของตนเองและดูดกลืนแสงสีอื่น แสงที่สะท้อนออกมาจะเป็นแสงสีที่มองเห็น	30, 31	30.56	61.11	0.44
รวม		26.45	48.73	0.30
รวมทั้งหมด		30.80	49.73	0.27

จากตารางที่ 1 คะแนนมโนคติเกี่ยวกับแสงและการมองเห็นของนักเรียนในภาพรวมก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 30.80 หลังเรียนเป็นร้อยละ 49.73 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.27 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนถูกต้องเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ (Hake, 1998) เมื่อพิจารณาเป็นรายกลุ่มมโนคติที่ศึกษาพบว่า ทั้งสามกลุ่มมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนเช่นกัน คือ กลุ่มที่ 1 เป็นมโนคติที่เกี่ยวกับการสะท้อนของแสง ก่อนเรียนเป็นร้อยละ 34.23 หลังเรียนเป็นร้อยละ 55.85 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.33 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนถูกต้องเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง กลุ่มที่ 2 เป็นมโนคติที่เกี่ยวกับการหักเหของแสง ก่อนเรียนเป็นร้อยละ 29.17 หลังเรียนเป็นร้อยละ 40.05 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.15 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนถูกต้องเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ (Hake, 1998) กลุ่มที่ 3 เป็นมโนคติที่เกี่ยวกับตาและการมองเห็นสี ก่อนเรียนเป็นร้อยละ 26.45 หลังเรียนร้อยละ 48.73 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.30 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนถูกต้องเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชันที่มีต่อมโนคติเรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเพียร์ อินสตรัคชัน เพื่อพัฒนามโนคติเกี่ยวกับแสงและการมองเห็น ของนักเรียนที่ศึกษาแล้วว่าค่า <g> ในภาพรวมมีค่าไม่สูง แต่เมื่อพิจารณารายกลุ่มย่อย พบว่า ในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเกี่ยวข้องกับมโนคติของนักเรียนเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง ให้ค่า <g> ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองกลุ่ม แต่ก็ยังอยู่ในระดับปานกลางที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณามโนคติที่ศึกษาจะพบว่า การสะท้อนของแสงเป็นเรื่องที่ไม่ยาก นักเรียนอาจจะเคยเรียนมาบ้างแล้วในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อย่างไรก็ตามมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนยังแน่นอนอยู่ เช่น ในเรื่องการมองเห็นวัตถุ นักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่าตาของเราสามารถส่งสีไปยังวัตถุทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุได้ เช่นเดียวกับที่รายงานในงานวิจัยของ Fetherstonhaugh. & Treagust. (1992) ในเรื่องการสะท้อนของแสง นักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่าเมื่อแสงตกกระทบวัตถุแสงจะสามารถสะท้อนไปยังทิศทางใดก็ได้ ในเรื่องการเกิดภาพบนกระจกราบแว่นและนูน นักเรียน

ส่วนหนึ่งเข้าใจว่าภาพที่เกิดบนกระจกจะเกิดขึ้นที่ผิวกระจกเท่านั้น นักเรียนไม่มีมโนคติเกี่ยวกับตำแหน่งหน้าหรือหลังกระจก รวมทั้งการจำแนกชนิดของภาพเป็นภาพจริงและเสมือน ในเรื่องการเกิดภาพในกระจกราบที่ภาพที่เกิดจะกลับหน้าเป็นหลัง นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าการเกิดภาพในกระจกราบภาพที่เกิดจะกลับขวาเป็นซ้าย ในเรื่องของขนาดและชนิดของภาพที่เกิดบนกระจกโค้งพบว่านักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่าขนาดของภาพขึ้นอยู่กับขนาดของภาพขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกระจกยิ่งกระจกใหญ่ขึ้นภาพที่ได้ก็จะใหญ่ขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระจก นอกจากนี้ยังเข้าใจว่าภาพที่เกิดจากกระจกโค้งมีขนาดเท่าวัตถุด้วยซึ่งได้ผลที่คล้ายกับผลการศึกษาของ Sornpimpo. & Tanahuang. (2014) ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนมีปัญหาตั้งแต่การทำความเข้าใจภาษาที่ใช้ ตั้งแต่การใช้คำถามใน Concept Test ที่นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์ของคำถามที่ใช้คำธรรมดาทั่วไป ไม่มีการใช้คำศัพท์เฉพาะ ทำให้ใช้เวลามากในการล้วงความเข้าใจเดิมของนักเรียน เช่น เมื่อให้เปรียบเทียบขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง นักเรียนก็จะงงว่า ทำไมต้องมีการเปรียบเทียบ เพราะไม่มีมโนคติเกี่ยวกับขนาดภาพที่แตกต่างไปจากเดิมในชีวิตประจำวัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามในช่วงการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ การลงมือทดลอง นักเรียนก็สามารถทำได้ระดับหนึ่ง อาจจะเป็นเพราะเนื้อหาไม่ยากมากนัก เมื่อพิจารณาผลในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเกี่ยวข้องกับมโนคติของนักเรียนเรื่องการหักเหของแสง พบว่า ให้ค่า $<g>$ ที่ต่ำที่สุดและต่ำมาก แสดงให้เห็นว่า การสร้างและปรับเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนกลุ่มที่ทำวิจัยนี้ทำได้ยากที่สุด เมื่อพิจารณาผลในกลุ่มที่ศึกษาบางมโนคติ เช่น การมองเห็นวัตถุในตัวกลางต่างกัน นักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่าเมื่อวัตถุอยู่ในตัวกลางอื่นๆ วัตถุจะอยู่ตามตำแหน่งจริงและขนาดจริงที่นักเรียนเห็น ในเรื่องของภาพที่เกิดจากการหักเหของแสงผ่านเลนส์ นักเรียนเข้าใจว่าเปลี่ยนแปลงตามขนาดของเลนส์และเกิดภาพที่จุดโฟกัสเท่านั้น ซึ่งเป็นผลที่คล้ายกับผลการศึกษาของ Keawkhong., et al. (2010) และ Sornpimpo. & Tanahuang. (2014) ในเรื่องของภาพที่เกิดจากการปิดเลนส์ไว้ส่วนหนึ่ง นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าจะปรากฏภาพเพียงครึ่งเดียว สอดคล้องกับการศึกษาของ (Goldberg. & McDermot., 1987, quoted in Suppapittayaporn, et al., 2010b) เป็นต้น เมื่อพิจารณากิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่สอนเรื่องการหักเห พบว่าเป็นช่วงที่จัดการเรียนรู้ได้ยากในทุกขั้นตอน นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ด้วยความยากลำบาก ตั้งแต่การใช้คำถาม Concept Test การทำกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ สังเกตเห็นได้ชัดเจนว่า นักเรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจภาษาหรือศัพท์ทางฟิสิกส์ที่ใช้หรือการจำความหมาย เช่น มุมวิกฤติ ความลึกปรากฏ ระยะเสมือน เป็นต้น เมื่อพิจารณาผลในกลุ่มที่ 3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับตาและการมองเห็นสีของวัตถุ ให้ค่า $<g>$ ที่อยู่ในระดับปานกลาง และดีที่สุดใน 3 กลุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นการสร้างแรงบันดาลใจที่ให้มี เพียร์ อินสตรัคชัน ที่ให้นักเรียนมีการโหวตเลือกคำตอบของ Concept Test นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมาก โดยเฉพาะการเอาแสงสีมาผสมกับสารสี แต่เมื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงๆ ก็จะพบด้วยตัวเองว่า ตัวเองเข้าใจผิดจริงและเกิดการปรับเปลี่ยนมโนคติจากการมองเห็นหลักฐานเป็นที่ประจักษ์ (National Research Council, 2000) ทำให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างของความรู้ใหม่จากประสบการณ์จริง ตัวอย่างมโนคติที่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียน เช่น ในเรื่องของแม่สีของสารสี นักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่า การผสมสารสีสามารถผสมสีแบบแม่สีในทางศิลปะ การผสมแสงสีเป็นแบบเดียวกันกับผสมแบบสารสีได้ บางครั้งนักเรียนก็อธิบายการมองเห็นสีของวัตถุโดยการนำสารสีผสมกับแสงสี ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาของ Hundula. (2014)

เมื่อพิจารณาวิธีการสอนในภาพรวม ผู้วิจัยพบว่าการใช้ เพียร์ อินสตรัคชัน ในขั้นสร้างความสนใจโดยใช้ Concept Test เป็นการล้วงความเข้าใจเดิมของนักเรียนที่มีความคลาดเคลื่อนได้ดี นักเรียนจะเลือกคำตอบตามความเข้าใจของตนเองซึ่งสะท้อนความเข้าใจหรือมโนคติที่คลาดเคลื่อนออกมา นอกจากนี้ ผลการสังเกตการ

โหวตเลือกคำตอบของนักเรียนก็สะท้อนให้เห็นแนวทางคำตอบที่นักเรียนตอบในแบบวัดมโนติก่อนเรียนไปทางเดียวกัน กระบวนการของการอภิปรายร่วมกับเพื่อนก็ช่วยปรับเปลี่ยนมโนติได้ (Mazur, 1997; Driver, 1994, quoted in Suppapittayaporn, 2010) อย่างไรก็ตามถ้ามโนติเดิมส่วนใหญ่ของนักเรียนจะคลาดเคลื่อน คล้ายๆ กันจะต้องให้นักเรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ระดับต่าง ๆ ช่วยในการปรับเปลี่ยนมโนติ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมแล้วผลที่ได้ก็ถือว่าดีขึ้นกว่าวิธีการสอนแบบเดิมที่ผู้วิจัยได้ใช้การสืบเสาะหาความรู้ตามแบบเรียนเพียงอย่างเดียวมากพอสมควร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มโนติเรื่องแสงและการมองเห็น ของนักเรียนเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ เมื่อพิจารณาบริบทของการจัดการเรียนการสอนจริงซึ่งนักเรียนเป็นนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ อาจจะต้องมีครูผู้ช่วยที่เข้าใจภาษาท้องถิ่นมาช่วยอธิบายเพิ่มเติมหรือช่วยแปลภาษาไทยเป็นภาษาท้องถิ่นในบางช่วงของการจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม การใช้การสอนแบบเพียร์ อินสตรัคชัน ช่วยเสริมให้การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมและสนใจมากขึ้น ถือว่าดีกว่าวิธีการสอนแบบเดิมอย่างชัดเจน

2. การใช้คำถาม Concept Test สถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการสร้างความขัดแย้งทางความคิดนำไปสู่การปรับโครงสร้างทางความคิดได้ ครูผู้สอนใช้เวลาเพิ่มอีกเล็กน้อยโดยการแทรกคำถามดังกล่าวในระหว่างการสอน ไม่ว่าจะสอนโดยวิธีใดหรือเนื้อหาใดก็ตาม สามารถช่วยให้มองเห็นความคิดหรือความเข้าใจเดิมของนักเรียนในเรื่องที่เราจะสอนได้

ข้อเสนอแนะในการทาวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจะมีการศึกษามโนติตามประเด็นที่ผู้วิจัยทำการศึกษาในเชิงลึกมากขึ้น หรือประเด็นอื่นๆ ที่ผู้วิจัยยังไม่ได้ศึกษา แต่ครูผู้สอนหรือผู้วิจัยมองเห็นว่าเป็นปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเรื่องแสง

2. อาจจะแทรกการใช้ เพียร์ อินสตรัคชัน ในชั้นของการขยายความรู้ เพื่อศึกษาดูว่า ความสามารถของนักเรียนในการทำโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จะพัฒนาดีขึ้นหรือไม่ อย่างไร

3. ควรจะมีการวิจัยกับนักเรียนชาติพันธุ์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางภาษาท้องถิ่นที่มีความรู้ทางด้านฟิสิกส์มาช่วยในการสื่อความหมายและดูว่าจะสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจฟิสิกส์ได้มากเพียงใด

References

- Buarapan, K. (2007). Relationships between Fourth-Year Preservice Physics Teachers' Conceptions of Teaching and Learning Physics and their Classroom Practices during Student Teaching. *Songklanakarin Journal of Social Science and Humanities*, 13(4), 595-620.
- Buarapan, K. & Singh. (2007). Misconceptions in Force and Motion. *Journal of Educational Criticism*, 22(3), 49-63
- Chalermchart, S. & Wuttirom, S. (2015). Effect of Peer Instruction Teaching Method on Grade 10 Students' Understanding of Concepts in Force and Motion. *Unit of Research in Science Technology and Environment for Learning Journal*, 6(2).

- Chanserm, N. (2008). **The Results of Constructivist-based POE Approach on the Topic of Work and Energy Among Grade 10 Students**. Thesis of Master's in Science Education, Khonkaen University.
- Fethestonhaugh, T. & Treagust, D.F. (1992). Students understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. **Science Education**, **76**(6), 653-672.
- Hundula, C. (2014). **A study of Conceptions and Conceptual Change in Light and Vision of Grade 8 Students Through POE-based Activities**. Thesis of Master's in Education, Mahasarakam Rajabhat University.
- Kaenanee, T. (2013). **Science of Teaching: Knowledge for Effective Process of Learning Management**. (17 th ed). Bangkok : Chulalongkorn Press.
- Keawkhong, K, Emarat, N. & Arayathanitkul, K. (2010, March). **Thai Students' Ideas About an Image Formed by a Plane Mirror**. Siam Physics Congress 2010. Kanchanaburi, Thailand.
- Keokaew, S. (1997). **Secondary Level Science Teaching**. Prince of Songkla University, Pattani Campus.
- Linder, C. & Erickson, G. (1989). A Study of Tertiary Physics Students' Conceptualization of Sound. **International Journal of Science Education**, **11**(5), 491-501.
- Maleehuan, P. & Suppapittayaporn, D. (2017). The Effect of Peer Instruction Complemented with Hands-on Physics Activities on the Conception of Force and Motion Of 10th Grade Students. **Nakhon Phanom University Journal**, **7**(3), 87-95.
- Mazur, E. (1997). **Peer Instruction : A User's Manual**. New Jersey. USA : Upper Saddle River.
- National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2015). **Ordinary National Education Test Report**. [Online]. Available : <http://www.newonetestresult.niets.or.th/ExamWeb/FrLogin.aspx?ReturnUrl=%2fExamWeb%2fdefault.aspx> [2016, April 20].
- National Research Council. (2000). **Inquiry and the national science education standards : A guide for teaching and learning**. Washington, D.C. : National Academy Press.
- Richard R, Hake. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. **American Journal of Physics**, **66**, (64-74).
- Sangpradit, T. (2015). Alternative Conceptions of Students in Physics. **Journal of Education Naresuan University**, 202-209.
- Sangpradit, T. & Rodranka, W. (2009, April). A Survey for Conceptual Understanding in Light of Grade 8 Students in Municipal School of Bangkok. **Journal of Research Konkaen University**, (4), 310-322.
- Sornpimpo, P. & Tanahuang, C. (2014, March). Development of Light and Vision Concepts of Grade 8 Students Using POE Approach. **Journal of Khonkaen University**, (15).

- Suppapittayaporn, D., Panichpun, B. & Emarat, N. (2010). Can We Trace Arbitrary Rays To Locate an Image Formed by a Thin Lens, **The Physics Teacher**, **48**, 256-257.
- Suppapittayaporn, D., Emarat, N. & Arayathanikul, K. (2010b) The effectiveness of peer instruction and structured inquiry on conceptual understanding of force and motion : a case study from Thailand, **Research in Science & Technological Education**, **28**, 63-79.
- Wuttirom, S. (2006). **Alternatives for Physics Learning Management for Self-Learning**. [Online]. Available : <http://penthai.sc.mahidol.ac.th/html/articles.html> [2006, January 18].