การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Developing scientific reasoning using Argument Driven Inquiry instructional model in light and visual instrument topic for 11th grade students

กุลวรรธน์ อินทะอุด*
Kullawati59@email.nu.ac.th.
ธิติยา บงกชเพชร**
ศิรินุช จินดารักษ์***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อประเมินผลการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว การวิจัยดำเนินการโดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงรอบ เก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และเก็บข้อมูลการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนด้วยรายงานการทดลองของนักเรียน และเก็บข้อมูลการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ควรเลือกใช้ประเด็นที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลากหลายและสามารถสำรวจตรวจสอบและหาหลักฐานมาเพื่อโต้แย้งได้ ช่วงการโต้แย้งครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนโต้แย้งและอภิปรายได้ตรงประเด็น แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและเชื่อมโยงความรู้ทฤษฎีเข้ากับผลการทดลอง เน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์และโต้แย้งโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์และเหตุผล นอกจากนี้ผลจากการวิจัยยังพบว่า นักเรียนมีระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

*นักศึกษาระดับมหาบัณฑิต สาขาการวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สอดคล้องกับผลจากรายงานการทดลองของนักเรียนระหว่างเรียน ซึ่งพบว่าระดับขององค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นตามวงรอบ โดยองค์ประกอบที่พัฒนามากที่สุดคือ การสร้างข้อกล่าวอ้าง

คำสำคัญ: การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แสงและ ทัศนอุปกรณ์

Abstract

The purposes of this research were to study how to use Argument driven inquiry instructional model to promote science reasoning ability of 11th grade students and to examine the scientific reasoning ability throughout Argument Driven Inquiry instructional model. This research employed action research methodology with 3 cycles in order to reflect learning management. Scientific reasoning was studied through students' reports during learning management and scientific reasoning test before and after learning management.

The results of this research found that it is important to select the issues that are relevant to the various variables and be able to explore, examine and find evidences to argue. During the discussion, teacher should use question to engage students to argue and discuss pertinently, correct student misconceptions and link related theories to experiment results. In addition, the results of promoting scientific reasoning using Argument Driven Inquiry instruction revealed that students had a higher level of scientific reasoning than before learning according with results from student reports during learning management. It was found that students had developed this ability continuously throughout the study. The most developed element was claim constructing.

Keywords: Scientific Reasoning, Argument Driven Inquiry instructional model, light and visual instrument

บทนำ

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อมาตรฐานการศึกษาสากลเป็นอย่างมาก และเป็นทักษะที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่จะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (National research council, 2012; ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ, 2556) ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องพัฒนาให้มีทั้งความรู้เฉพาะทาง และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับปัญหาต่าง ๆ ในโลกแห่งความเป็นจริง เมื่อประกอบอาชีพในอนาคต (National Academy of Sciences, 2010; Bao et al., 2009) เพราะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะในการคิดแบบนักวิทยาศาสตร์มืออาชีพและมีบทบาทสำคัญในการรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานมโนทัศน์หลักเข้ากับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สื่อสารกับผู้อื่นเพื่อรายงานและโน้มน้าวให้ตอบสนองต่อมโนทัศน์และทฤษฎีเหล่านั้น (Coletta & Phillips, 2007; Duschl & Gitomer, 1991) ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์ดำเนินการกระบวนการสืบสอบ

หาความรู้ พวกเขาจะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานที่สำรวจได้ และอธิบายว่ามีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างนั้นอย่างไร (McNeil & Krajcik, 2008; Lawson, 2009)

ถึงแม้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะมีความสำคัญอย่างมากแต่จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศรวมถึงผลการศึกษาระดับนานาชาติ พบว่านักเรียนไทยยังมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ดังเห็นได้จากการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติที่มีจุดประสงค์เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนพร้อมกับสมรรถนะในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยกรอบแนวคิดในปีพ.ศ. 2558 ได้มีการศึกษาด้านการให้เหตุผล (Mullis et al., 2016) ซึ่งพบว่าคะแนนเฉลี่ยของเด็กนักเรียนไทยในด้านการให้เหตุผลคือ 447 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มปานกลางมาตรฐานสากล ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจากทุกประเทศที่เข้าร่วมอย่างมีนัยยะสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยยังไม่สามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผลให้เห็นได้ (สสวท, 2559) ปัญหาเกี่ยวกับทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังเห็นได้จากงานวิจัยภายในประเทศที่พบว่า นักเรียนไทยรู้ถึงความสำคัญของหลักฐานที่มีผลต่อความน่าเชื่อถือ ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สามารถแสดงหรือระบุหลักฐานที่มาสนับสนุนได้ (จุฑามาศ นุชิต และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2554; กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2553) บางส่วนไม่สามารถสร้างคำอธิบายที่ถูกต้อง หรือสมเหตุสมผลได้ในขณะที่นักเรียนบางคนสามารถสร้างคำอธิบายที่ดีและมีหลักฐานรองรับแต่ไม่สามารถบอกได้ว่า หลักฐานและคำอธิบายมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ, 2556) และเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ในคาบเรียนวิชาฟิสิกส์หน่วยของไหล เรื่องแรงตึงผิว โดยให้นักเรียนทำการทดลองสร้างฟองสบู่ให้มีขนาดใหญ่และทนทานมากที่สุดจากส่วนผสมที่นักเรียนเลือก และให้บอกเหตุผลว่าส่วนผสมที่ใช้มีผลกระทบต่อฟองสบู่เช่นไร ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากการขาดหลักฐานในการอธิบายว่าส่วนผสมใดส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของฟองสบู่ บางส่วนสามารถอ้างอิงหลักฐานได้ แต่ขาดการให้เหตุผลว่าหลักฐานมีความสัมพันธ์กับคำอธิบายอย่างไร

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในปัจจุบันไม่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีนัก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในไทยส่วนใหญ่ยังคงเป็นการสอนแบบบรรยาย (ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์, นฤมล ยุตาคม และพัฒนี จันทรโรทัย, 2551) นอกจากนั้น ณพัฐอร บัวฉุน, นฤมล ยุตาคม และพจนารถ สุวรรณรุจิ (2559) ทำการสำรวจวิธีการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พบว่า ครูหลายท่านไม่สามารถตั้งคำถามให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ตั้งคำถามนำการทดลอง ตลอดจนสนับสนุนให้นักเรียนดำเนินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกูล (2555) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยเน้นการทดลอง หรือการสาธิต เพื่อแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยปราศจากการเน้นย้ำความสำคัญ ในการตีความและลงข้อสรุป หรือหลักฐานเชิงประจักษ์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบหนึ่งที่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นการผสมผสานระหว่างการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และการโต้แย้งเข้าด้วยกัน เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Sampson & Gleim, 2009;

Sampson, Grooms & Walker, 2009) ซึ่งในระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะได้ดำเนินการทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง และใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามนำการทดลอง หลังจากนั้นนักเรียนจะได้นำเสนอผลการทดลองรวมถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต่อหน้าเพื่อนร่วมชั้นเรียน และร่วมกันอภิปรายความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย ต่อจากนั้นนักเรียนแต่ละคนจะได้ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อีกครั้งเพื่อสร้างรายงานการทดลอง และแลกเปลี่ยนรายงานการทดลองกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนเพื่อวิจารณ์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อนเพื่อที่นักเรียนแต่ละคนจะได้นำข้อวิจารณ์และข้อเสนอแนะนั้นกลับไปแก้ไขรายงานการทดลองของตนเองให้ดียิ่งขึ้น (Berland & Reiser, 2009; Enderle, Grooms & Sampson, 2012)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน และจากการค้นคว้าของผู้วิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีศักยภาพที่จะพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงจะทำการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และศึกษาการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้นี้ด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์

2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสง และทัศนอุปกรณ์

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาบทเรียน ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งประกอบด้วย 3 หัวข้อย่อย คือ แสงและการเกิดเงา แสงและการถนอมสายตา และเลนส์บาง

ขอบเขตด้านเวลา

ดำเนินการวิจัย 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

การทบทวนวรรณกรรม

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การอธิบายความจริงที่ได้มาจากการทดลอง หรือสืบค้นจนพบหลักฐานที่สนับสนุนข้อความจริงนั้น โดยจะต้องมีการแสดงความเชื่อมโยงกันระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบคือ ข้อสรุป หลักฐาน และการอ้างเหตุผล ซึ่งนักเรียนในประเทศไทยมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา ดังที่ ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ (2556) ได้ทำการวิจัยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนที่ไม่เคยผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนสามารถให้ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ กล่าวคือ ไม่สามารถอธิบายได้ว่าหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของตน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถพัฒนาทักษะพื้นฐานในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างดี รวมถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วย ดังที่ Enderle, Grooms & Sampson (2016) ได้สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยมีกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนต้องฝึกฝนทักษะหลาย ๆ ด้าน และให้ออกแบบการทดลองและสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เพื่อตอบสนองต่อคำถามนำการทดลอง และพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบาย และเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนรายงานการทดลองและการวิจารณ์รายงานของผู้อื่นด้วย

วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการตาม Kemmis and Schmuck (n.d. อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-152) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยจัดการเรียนรู้ 3 วงรอบ แต่ละวงรอบใช้เวลา 4 ชั่วโมง

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกจำนวน 24 คนเป็นนักเรียนชาย 23 คนและนักเรียนหญิง 1 คน ซึ่งเป็นห้องเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ที่ต้องเรียนวิชาฟิสิกส์ ภายในโรงเรียนมีอุปกรณ์การทดลองวิทยาศาสตร์พื้นฐานครบครัน ห้องปฏิบัติการเป็นห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ขยายเสียงและสื่อเทคโนโลยี นักเรียนมีพื้นฐานและคุ้นชินกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับดี นักเรียนทั้งหมดไม่เคยเรียน ด้วยรูปแบบจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาก่อนที่จะเข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบของ Grooms et al (2016) ซึ่งมี 8 ขั้นตอน คือ 1) การระบุเป้าหมายและคำถามนำ 2) การออกแบบวิธีการทดลอง และการเก็บข้อมูล 3) การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น 4) ช่วงการโต้แย้ง 5) การกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน 6) เขียนผลการสำรวจ 7) การสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน และ 8) ทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน โดยจะใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 1 แผน ต่อ 1 วงรอบปฏิบัติการ รวมทั้งหมด 3 แผน ในวงรอบที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา สถานการณ์เงาในสนามหญ้าเทียมตอนกลางคืน กำหนดให้นักเรียนสำรวจตัวแปรที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของเงามากที่สุด ในวงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา สถานการณ์แว่นตากันแดด กำหนดให้นักเรียนสำรวจชนิดและสีของเลนส์แบบใดที่เหมาะสมต่อการสร้างแว่นกันแดดเพื่อถนอมสายตามากที่สุด ในวงรอบที่ 3 สถานการณ์กล้องวงจรปิด กำหนดให้นักเรียนสำรวจชนิดและลำดับของเลนส์บางเพื่อนำมาประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล 3 เครื่องมือ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานการทดลอง ซึ่งเครื่องมือทั้งหมดได้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ และครูประจำการที่มี

ประสบการณ์ในการสอนฟิสิกส์อย่างละ 1 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมและความสอดคล้องของเครื่องมือ ซึ่งแต่ละเครื่องมือมีรายละเอียดดังนี้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใช้สะท้อนผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดให้บรรยาย ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในแต่ละขั้นทั้งหมด 8 ขั้น ในแต่ละขั้นจะมีคำถามย่อย คือ สิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรม พฤติกรรมของผู้เรียนและผู้สอน สิ่งที่ควรคงไว้และสิ่งที่ควรแก้ไข ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ บันทึกจากการสังเกตพฤติกรรมการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนในแต่ละวงรอบทั้งหมด 3 วงรอบ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในแก้ไขรูปแบบการบันทึกให้เป็นลักษณะตารางแยกทีละประเด็นเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญที่สะท้อนผลได้เสนอวิธีการพัฒนาหรือแก้ไขตามประเด็นที่ค้นพบ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำ

แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เพื่อวัดระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบสองหาง (two-tier) โดยในแต่ละข้อจะมีสถานการณ์มาให้วิเคราะห์ คำถามหางแรกเป็นคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำถามเกี่ยวกับหลักการวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เรียนเพื่อให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด และคำถามหางที่สองจะให้นักเรียนอธิบายเหตุผลหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตอบคำถามหางแรก แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 6 ข้อ โดยมีขอบเขตเนื้อหาในเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ซึ่งแบ่งออกเป็น แสงและการเกิดเงา สำหรับข้อที่ 1 และ 2 แสงและการถนอมสายตา สำหรับข้อที่ 3 และ 4 และเลนส์บาง สำหรับข้อที่ 5 และ 6 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในแก้ไขข้อคำถามบางข้อให้คำถามตรงประเด็นมากขึ้น และแก้ไขตัวเลือกตอบให้เหมาะสมมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำเรียบร้อยแล้ว

รายงานการทดลองของนักเรียนใช้เพื่อวัดระดับองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นรายงานการทดลองที่นักเรียนสำรวจระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะต้องเขียนรายงานการทดลองส่งทุกวงรอบปฏิบัติการ โดยมีส่วนประกอบที่ต้องเขียน คือ คำถามนำการทดลอง วิธีการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำ ในการเพิ่มเติมส่วนประกอบของรายงานการทดลอง คือ การอภิปรายผลก่อนที่ส่วนข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นส่วนประกอบหลักฐาน และการอ้างเหตุผล โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำเรียบร้อยแล้ว

วิธีการรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล 3 เครื่องมือ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานการทดลองของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามเครื่องมือ ดังนี้

ก่อนเริ่มการจัดการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง นักเรียนทุกคนจะได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้เวลาทำแบบทดสอบ 1 ชั่วโมง ในคาบเรียนนอกเหนือจากวงรอบปฏิบัติการทั้ง 3 วงรอบ

ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ นักเรียนจะเขียนรายงานการทดลองในขั้นเขียนผลการสำรวจจากนั้นจะถูกวิจารณ์ โดยเพื่อนร่วมห้องและนำกลับไปแก้ไข เพื่อส่งอีกครั้งในขั้นทบทวนแก้ไข และส่งรายงาน นักเรียนจะต้องส่งรายงานให้ผู้วิจัย 1 เล่มต่อ 1 วงรอบ รวมทั้งหมด 3 เล่ม ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ ครูผู้มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี และผู้วิจัย

จะบันทึกแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยบรรยายเกี่ยวกับสภาพปัญหา ข้อดี ข้อด้อย ของการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและการตอบสนองของนักเรียนระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้แยกตามลำดับขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

และหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในวงรอบที่ 3 นักเรียนทุกคนจะได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้เวลาทำแบบทดสอบ 1 ชั่วโมง ในคาบเรียนนอกเหนือจากวงรอบปฏิบัติการทั้ง 3 วงรอบ โดยที่คำถามในแบบทดสอบหลังเรียนเป็นคำถามชุดเดียวกันกับแบบทดสอบการเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยแยกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ปฏิบัติได้ดีแล้วซึ่งควรคงไว้ในการจัดการเรียนรู้ และส่วนที่เกิดปัญหากับข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้วงจรถัดไป

แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบตัวเลือกตอบที่นักเรียนเลือกในคำถามหางที่ 1 หากนักเรียนไม่ได้เลือกคำตอบที่ถูกต้องจะจัดว่าคำตอบของนักเรียนเป็นระดับที่ 1 คำกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ในคำถามหางที่ 1 จะทำการวิเคราะห์คำถามหางที่ 2 โดยวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากคำตอบข้อเขียนและจัดหมวดหมู่ออกเป็น 4 ระดับ โดยเทียบคำตอบของนักเรียนกับเกณฑ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ระดับที่ 1 เหตุผลที่ไม่มีการลงข้อสรุปหรือมีการลงข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง ระดับที่ 2 เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องแต่ไม่มีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป ระดับที่ 3 เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้อง และมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุปแต่ไม่มีการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน และระดับที่ 4 เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้อง และมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุปและมีการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน

รายงานการทดลองของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล โดยใช้เกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินระดับองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ระดับ	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การอ้างเหตุผล
ดี	ข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับคำถามนำการทดลองทุกประเด็น	หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ทุกแง่มุม	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานทุกแง่มุม
พอใช้	ข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับคำถามนำการทดลองบางประเด็น	หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้บางแง่มุม	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานบางแง่มุม
ควรปรับปรุง	ข้อกล่าวอ้างไม่สอดคล้องกับคำถามนำการทดลอง	หลักฐานไม่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้	ไม่มีการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องแสง และทัศนอุปกรณ์

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อ

ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ผู้วิจัยสรุปแนวทางการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งได้ดังนี้

ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการนำเสนอสถานการณ์ที่จะทำการสืบสอบ เรื่องเงาในสนามฟุตบอลตอนกลางคืน การสร้างแว่นตากันแดด เพื่อถนอมสายตา และการใช้เลนส์บางมาประกอบกัน เพื่อสร้างกล้องวงจรปิด ในวงรอบที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นอภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดปรากฏการณ์นั้น และตั้งและสร้างคำถามว่าปัจจัยใดจะส่งผลกระทบมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การเลือกปัจจัยเพื่อสร้างคำถามนำการทดลอง นักเรียนให้ความร่วมมือและตอบคำถามต่อสถานการณ์ได้ดี แต่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในวงรอบที่ 1 ถูกเลือกไปตั้งคำถามนำการทดลองได้ไม่หลากหลาย ดังนั้นในวงจรถัดไป ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดใหม่ ๆ และเลือกใช้ตัวแปรในการตั้งคำถามนำการทดลองมากขึ้น สอดคล้องกับการสะท้อนที่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์กล่าวไว้ว่า “กำหนดสถานการณ์ และคำถาม นักเรียนให้ความร่วมมือดี” (ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 22 มกราคม 2561)

ขั้นการออกแบบ วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกแบบวิธีการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง จากนั้นดำเนินการทดลอง และเก็บข้อมูลตามวิธีการที่ออกแบบและบันทึกลงในใบกิจกรรม โดยระหว่างการทดลองของนักเรียนในวงรอบที่ 1 พบว่า นักเรียนหลายกลุ่มได้เปลี่ยนตัวแปรที่ตนต้องการจะศึกษาระหว่างการทดลอง เพราะไม่มีความชำนาญในการวัดค่าข้อมูลที่ต้องการ ทำให้ข้อมูลที่ออกมาคาดเคลื่อนจึงตัดสินใจเปลี่ยนเป็นตัวแปรที่ง่ายต่อการศึกษา ดังนั้นในวงรอบต่อไป ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างตัวแปรที่คล้ายคลึงกับประเด็นที่ศึกษาและยกตัวอย่างตารางเก็บข้อมูล เพื่อนำไปตอบคำถามนำและคอยเดินตรวจตรา วิธีการเก็บข้อมูลของนักเรียนให้มีความถูกต้องแม่นยำ และเน้นย้ำให้เก็บข้อมูลที่ต้องการซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถดำเนินการเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ในการตอบคำถา มนำการทดลองได้ครอบคลุมและหลักฐานมีความน่าเชื่อถือ ดังตัวอย่างการสะท้อนผลของผู้วิจัยที่กล่าวว่า “นอกจากนั้นตารางเก็บข้อมูลตัวอย่างยังทำให้เด็กนักเรียนเข้าใจถึงข้อมูลที่จำเป็นต้องเก็บเพื่อนำไปใช้ตอบคำถามนำการทดลองของกลุ่มตนเอง” (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 22 มกราคม 2561)

ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูล และสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น ในขั้นนี้นักเรียนจะสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานจากการทดลอง โดยระหว่างการสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นในวงรอบที่ 2 พบว่า นักเรียนบางกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลคลาดเคลื่อนเนื่องจากมีความเข้าใจในการวัดที่ผิดและไม่มีความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์ และบางกลุ่มสร้างข้อกล่าวอ้างโดยปราศจากหลักฐาน ในวงจรถัดไป ผู้วิจัย จึงให้นักเรียนหาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับประเด็นที่จะศึกษาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาล่วงหน้า และเน้นย้ำให้นักเรียนใช้หลักฐานจากการทดลอง หรือจากการค้นคว้าโดยจะต้องอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานด้วย ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้อง และสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นได้ดีโดยมีการอ้างอิงจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ดังตัวอย่างการสะท้อนผลของผู้วิจัยที่กล่าวว่า “นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นภายในกลุ่มของตนจากการทดลองได้ด้วยตนเอง และส่วนใหญ่สามารถตั้งข้อโต้แย้งขั้นต้นได้ดี” (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 3, 29 มกราคม 2561)

ขั้นช่วงการโต้แย้ง ในขั้นนี้นักเรียนจะนำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นหน้าชั้นเรียน จากนั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประเมินข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตน

ร่วมกับกลุ่มอื่น โดยระหว่างการโต้แย้งในวงรอบที่ 1 พบว่า นักเรียนบางส่วนโต้แย้งนอกประเด็นหรือซักถามในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนบางกลุ่มใช้ระยะเวลาในการนำเสนอนานเกินไป ดังนั้นในวงรอบถัดไปผู้วิจัยจึงใช้คำถามกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและอภิปรายในประเด็นหลักที่ศึกษา รวมทั้งเน้นย้ำให้กลุ่มที่นำเสนออธิบายเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถโต้แย้ง และอภิปรายกันในประเด็นที่ศึกษาและถามคำถามรวมถึงให้ข้อเสนอแนะกับกลุ่มอื่นได้ดี สอดคล้องกับการสะท้อนที่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์กล่าวไว้ว่า “ครูสอดแทรกข้อคิดเห็นระหว่างนักเรียนอธิบายได้ดี นักเรียนส่วนใหญ่เข้าร่วมกิจกรรมการโต้แย้ง และแสดงความคิดเห็น รวมถึงตั้งคำถามเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่นำเสนอ” (ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 22 มกราคม 2561)

ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน ครูอธิบายมโนทัศน์หลักของเรื่องที่เรียน โดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองของนักเรียน รวมไปถึงอธิบายมโนทัศน์เชื่อมโยง และแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และอภิปรายเชิงสะท้อนร่วมกับนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดการพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยระหว่างการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อนในวงรอบที่ 1 มีระยะเวลาจำกัดเนื่องจากขั้นอื่นใช้เวลามากเกินไป ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะทำการแก้ไขโดยการจัดสรรเวลาในการจัดกิจกรรมขั้นอื่นให้น้อยลงและไม่เกินเวลา ซึ่งพบว่า เมื่อขั้นอื่นไม่เบียดเวลาในขั้นนี้ ทำให้การอภิปรายมโนทัศน์หลักที่ศึกษามีเวลาเพียงพอที่จะให้นักเรียนเข้าใจความรู้เชิงเนื้อหาและสามารถเชื่องโยงไปยังมโนทัศน์ ในเรื่องที่ใกล้เคียงกันได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนผลของผู้วิจัยที่กล่าวว่า “มีเวลาเพียงพอต่อการเรียนรู้และอภิปรายในทุกแง่มุมเกี่ยวกับมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์เชื่อมโยง” (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 22 มกราคม 2561)

ขั้นเขียนผลการสำรวจ ในขั้นนี้นักเรียนจะเขียนรายงานการทดลองของนักเรียน โดยระหว่างการเขียนผลการสำรวจในวงรอบที่ 1 พบว่า นักเรียนบางส่วนเพิ่มข้อมูลหรือทฤษฎีที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้ในการอภิปรายผลการทดลองของตน และบางส่วนไม่ได้แก้ไขจากการโต้แย้ง ดังนั้นผู้วิจัยจะแก้ไข ในวงรอบถัดไปโดยการเน้นย้ำรายละเอียด และหัวข้อที่นักเรียนจำเป็นจะต้องเขียนลงในรายงานการทดลอง ซึ่งพบว่า นักเรียนเขียนรายงานการทดลองได้ดี มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ สอดคล้องกับการสะท้อนที่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์กล่าวไว้ว่า “นักเรียนสามารถเขียนผลสำรวจได้อย่างดีและหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนด้วยหลักฐานที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ” (ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 18 มกราคม 2561)

ขั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน ในขั้นนี้นักเรียนจะส่งสำเนารายงานการทดลอง 3 ฉบับ โดยไม่ต้องเขียนชื่อลงในรายงาน จากนั้นครูสุ่มให้นักเรียนแต่ละคนวิจารณ์รายงานการทดลอง โดยนักเรียนจะต้องวิจารณ์ข้อโต้แย้งของเพื่อนจากหลักฐานที่นำเสนอและเหตุผลสนับสนุน ในวงรอบที่ 1 พบว่า ส่วนประกอบในรายงานการทดลองที่นักเรียนจะต้องวิจารณ์ มีการมีมากเกินไป ทำให้นักเรียนไม่สามารถใช้เวลา ในส่วนของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มที่ในวงรอบถัดไป ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์ส่วนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนนั่นคือ ส่วนของการสรุปผล ข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และคำชี้แจง โดยยกตัวอย่างการวิจารณ์รายงานการทดลองของเพื่อนในห้อง 1 ฉบับ เพื่อเป็นแนวทาง ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนวิจารณ์การทดลองได้ดี นักเรียนวิจารณ์รายงานการทดลองส่วนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยดูข้อมูลจากทุกส่วนในรายงานการทดลอง สอดคล้องกับการสะท้อนที่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์กล่าวไว้ว่า “นักเรียนวิจารณ์ผลการทดลองของเพื่อนที่

สุ่มมาได้ดี มีความตั้งใจวิจารณ์รายงานการทดลอง” (ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 18 มกราคม 2561)

ขั้นทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน ครูจะคืนรายงานที่ได้รับการวิจารณ์ และให้นักเรียนแก้ไขตามคำแนะนำ หากไม่แก้ให้เขียนเหตุผลว่า ทำไมจึงไม่ทำตามคำแนะนำ ในวงรอบที่ 2 พบว่า นักเรียนบางส่วนไม่แก้ไขรายงานการทดลองตามคำวิจารณ์ของเพื่อน และไม่บอกเหตุผลว่าเหตุใด จึงไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น ดังนั้นในวงรอบถัดไป ผู้วิจัยจะแก้ไขโดยการเน้นย้ำให้นักเรียนแก้ไขตามคำวิจารณ์ของเพื่อน หากไม่แก้ไข ให้เขียนว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไข ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแก้ไขรายงานตามคำแนะนำ สอดคล้องกับการสะท้อนที่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์กล่าวไว้ว่า “นักเรียนบางส่วนสามารถแก้ไขและพัฒนารายงานการทดลองของตนได้ดี” (ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ 3, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

ตอนที่ 2 ผลการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาจากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ผลการศึกษาการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน 24 คน จากแบบวัดก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 ข้อทั้งหมด 144 คำตอบ มาหาระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เทียบกับเกณฑ์ของลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ (2556) แสดงผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การทดสอบ	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	รวม
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	23 (15.97)	40 (27.78)	61 (42.36)	20 (13.89)	144 (100.00)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	5 (3.47)	60 (41.67)	79 (34.86)	144 (100.00)

* หมายเหตุ ปริมาณในวงเล็บแสดงถึงร้อยละของคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากรายงานการทดลองรายบุคคลของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์รายงานการทดลอง ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ มาหาระดับขององค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ แสดงผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินระดับองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	n	การทดสอบ	จำนวน (คน)		
			ระดับดี	ระดับพอใช้	ระดับปรับปรุง
ข้อกล่าวอ้าง	31	วงรอบที่ 1	14 **(45)**	17 **(54)**	0 **(0)**
	28	วงรอบที่ 2	23 **(82)**	4 **(14)**	1 **(4)**
	25	วงรอบที่ 3	25 **(100)**	0 **(0)**	0 **(0)**

ตารางที่ 3 (ต่อ) ผลการประเมินระดับองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	n	การทดสอบ	จำนวน (คน)		
			ระดับดี	ระดับพอใช้	ระดับปรับปรุง
หลักฐาน	31	วงรอบที่ 1	15 **(48)**	13 **(41)**	3 **(9)**
	28	วงรอบที่ 2	20 **(71)**	7 **(25)**	1 **(4)**
	25	วงรอบที่ 3	22 **(88)**	3 **(12)**	0 **(0)**
การอ้างเหตุผล	31	วงรอบที่ 1	4 **(12)**	20 **(64)**	7 **(22)**
	28	วงรอบที่ 2	15 **(54)**	11 **(39)**	2 **(7)**
	25	วงรอบที่ 3	16 **(64)**	9 **(36)**	0 **(0)**

* หมายเหตุ ปริมาณในวงเล็บแสดงถึงร้อยละขององค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อสรุปของการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในเนื้อหานี้คือ การช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือจากการค้นคว้าหรือทดลอง และพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้น ได้แก่ ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ ผู้วิจัยเตรียมสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และมีความสอดคล้องกับประเด็นที่จะศึกษาเช่น เงาในสนามหญ้าเทียมตอนกลางคืนในเรื่องแสงและการเกิดเงา ซึ่งนักเรียนมีความรู้พื้นฐานมาก่อน และเป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบ หรือทางออกที่ชัดเจนแน่นอน ใช้คำถามกระตุ้นและยกตัวอย่างในการตั้งคำถามนำ เช่น หากเปลี่ยนสีและขนาดของวัตถุเงาจะมีลักษณะเป็นอย่างไร นักเรียนจะเห็นแนวทางการตั้งคำถามนำการทดลองที่สามรถสำรวจตรวจสอบได้ ขั้นการออกแบบวิธีการทดลอง และการเก็บข้อมูล นักเรียนได้ออกแบบวางแผนการทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลให้เพียงพอต่อการสร้างข้อโต้แย้งด้วยตนเอง นักเรียนจะเห็นความสำคัญของหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การโต้แย้งกันด้วยเหตุผล ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูล และสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น นักเรียนจะได้ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างข้อโต้แย้ง ขั้นต้นอธิบายผลการสืบสอบ โดยเขียนอ้างอิงจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือ เพราะจะต้องนำข้อโต้งแย้งนั้นไปอภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่นขั้นช่วงการโต้แย้ง นักเรียนจะได้พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการแลกเปลี่ยนความรู้และอภิปรายกัน โดยใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ครูมีส่วนสำคัญในการควบคุมการโต้แย้งให้อยู่ในประเด็นหลัก และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดและวิเคราะห์ตลอดการโต้แย้ง ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน นักเรียนได้ขยายความรู้จากสิ่งได้ค้นพบและโต้แย้งกันในขั้นก่อนหน้า และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องที่เกี่ยวข้องเข้ากับประเด็นที่ศึกษาได้ แสงเชิงกายภาพสมบัติของคลื่นพลังงาน ขั้นเขียนผลการสำรวจนักเรียนพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์จากการเขียนรายงานการทดลองเพื่ออธิบายผลการสืบสอบ โดยอ้างอิงจากหลักฐานและใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการอธิบายตามส่วนประกอบรายงานการทดลองที่กำหนดให้ ขั้นวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน นักเรียนพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการประเมินและแก้ไขการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้อื่น โดยครูต้องคอยเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลการสืบสอบ และการอธิบายขั้นทบทวนแก้ไข และส่งรายงานนักเรียนจะได้รับผลสะท้อน คำวิจารณ์ และคำแนะนำการให้เหตุผล

เชิงวิทยาศาสตร์ของตน และพัฒนาหรือแก้ไขเพื่อให้งานของตนดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Enderle, Grooms & Sampson (2012) ที่กล่าวว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะมีความสามารถในการสร้างและประเมินคำอธิบายและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่เรียนห้องเรียนปกติ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่า การโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เช่น งานวิจัยของประภา สมสุข และคณะ (2558) ที่กล่าวว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีผลคะแนนเฉลี่ยความสามรถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนั้นยังพบว่า การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ และ เสาวลักษณ์ โรมา (2015) ที่กล่าวว่า ในกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในการพิจารณาข้อมูลที่ค้นคว้าเชื่อมโยงความรู้เดิมจนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถช่วยพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ โดยองค์ประกอบที่พัฒนามากที่สุดคือ การสร้างคำอธิบาย เพราะนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับคำถามนำการทดลองได้ ซึ่งมาจากการที่นักเรียนตั้งคำถามนำการทดลองที่สามารถหาคำตอบได้และนักเรียนอธิบายได้ตรงประเด็นจากการอ้างอิงหลักฐาน ในภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นตามวงรอบเพราะระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายต่อการทดลอง และสะท้อนการให้เหตุผลของผู้อื่นผ่านการโต้แย้งและวิจารณ์รายงานการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Cetin and Eymur (2017) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้จากการสืบสอบที่เป็นระบบและยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น เช่น งานวิจัยของ Grooms, Enderle and Sampson (2015) นักเรียนได้รับการฝึกเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือเหตุการณ์จากทฤษฎี หรือพยานหลักฐานที่สนับสนุนและชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายและหลักฐาน Wenning (2011) พบว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนตระหนักถึงความสำคัญ และบทบาทขององค์ประกอบของเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบายและสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งควรใช้ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในเรื่องต่าง ๆ เข้ากับมโนทัศน์หลัก โดยประเด็นที่จะนำมาศึกษานั้นควรที่จะสามารถสำรวจตรวจสอบได้ โดยใช้อุปกรณ์การทดลองที่ไม่ซับซ้อน และมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาอื่น เพื่อให้เกิดการโต้แย้งในหลายแง่มุม

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ควรศึกษาผลกระทบต่อทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพของนักเรียน เพราะในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องใช้ทักษะในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ในการอภิปรายและลงข้อสรุปด้วยหลักฐานหรือทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*. 16(5), 796-809.

จุฑามาศ นุชิต และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2554). ผลของปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงาระนาบ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 34(1-2), 124-134.

ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์, นฤมล ยุตาคม, และพัฒนี จันทรโรทัย. (2551). การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*. 29(1), 1-10.

ณพัฐอร บัวฉุน, นฤมล ยุตาคม และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2559). สภาพการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 11(2), 97-110.

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ และเสาวลักษณ์ โรมา. (2015). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์*. ปีที่ 26, ฉบับที่ 3, หน้า 66-76.

ประภา สมสุข, กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, ณสรรค์ ผลโภค และมนัส บุญประกอบ. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 26(1).

ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 21(3), 107-123.

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกูล. (2555). การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*. 4(2), 73-90.

สสวท. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*. กรุงเทพฯ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

Bao, L., Cai, T., Koenig, K. M., Fang, K., Han, J., Wang, J., & Wu, N. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science*, 323(5914), 586–587.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.

Cetin, P. S., & Eymur, G. (2017). Developing Students' Scientific Writing and Presentation Skills through Argument Driven Inquiry: An Exploratory Study. *Journal of Chemical Education*. 94(7), 837-843.

Coletta, V. P. & Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, 73(12), 1172–1182.

Duschl, R. & Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for education practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.

Enderle, P., Grooms, J., and Sampson, V. (2012). Argument focused instruction and science proficiency in middle and high school. Paper presented in the symposium: Argument focused instruction and science proficiency, at the 2012 Annual conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Indianapolis, IN.

Grooms, J., Enderle, P, & Sampson, V. (2015). Coordinating Scientific Argumentation and the Next Generation Science Standards through Argument Driven Inquiry. *Science Educator*, 24(1), 45-50.

Grooms, J., Enderle, P., Hutner, T., Murphy, A. and Sampson, V. (2016). *Argument-driven inquiry in physical science.* National Science Teachers Association, 3-18.

Lawson, A.E. (2009). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. *Science Education*, 94(2), 336-364.

McNeil, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific Explanation: Characterizing and Evaluating the Effects of Teacher' Instructional Practises on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Hooper, M. (2016). *TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics*. Boston College.

National Academy of Sciences. (2010). *Rising above the gathering storm Revisited: Rapidly approaching category 5*. Washington, D.C.: National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.

Sampson, V., & Gleim, L. (2009). ArgumentDriven Inquiry to promote the understanding of important concepts and practices in biology. *The American Biology Teacher Journal*, 71(8), 465-472.

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-Driven Inquiry to promote learning and interdisciplinary work in science classrooms. *The Science Teacher*, 76(8), 42-47.

Wenning, C.J. & Khan, M.A. (2011). Sample learning sequences based on the Levels of Inquiry Model of Science Teaching. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 6(2), 17-30.