

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง  
เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาฟิสิกส์  
กรกฎาคม 2561  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ทุนสนับสนุนจากสถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์  
และคณิตศาสตร์ (สควค.)



## ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตติยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา ตรวจสอบจุดที่ต้องพัฒนา เพื่อให้ผู้วิจัยนำไปปรับปรุงแก้ไขตลอดไปจนถึงวิธีที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อีกทั้งยังคอยเสริมแรงด้านบวกให้ผู้วิจัยสามารถฝ่าฟัน อุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรินทร์ชา จินดารักษ์ กรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำในการปรับปรุงเล่มวิทยานิพนธ์ และตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูล และให้คำแนะนำในการปรับปรุงคุณภาพ ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีความถูกต้องครบถ้วน และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ทำให้งานวิจัย มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณ คุณครู พิเนต เม่นคำ ครูพิสิทธ์ และผู้เชี่ยวชาญที่ได้ให้การตรวจสอบ และให้คำแนะนำ รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการพัฒนา คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และเข้าร่วมการสังเกตการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างงานวิจัย

กราบขอบพระคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุน ทุนการศึกษาและโอกาสที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมทั้ง ท่านผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู บุคลากรทุกท่าน และนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา ที่ส่งเสริมวิทยาสاتรรีในสังกัดมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ที่ท่านได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล วิจัย และคอยให้คำปรึกษา แนะนำ สนับสนุนตลอดจน ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ให้มีความถูกต้องครบถ้วน ผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติอย่างสูงที่ได้รับความกรุณาจากอาจารย์ ในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน และขอบใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่มีส่วนเกี่ยวข้องของทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัย ตลอดมา และที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจสำคัญเสมอมาให้ผู้วิจัย

คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน  
และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

กุลวรรณ์ อินทะนุค



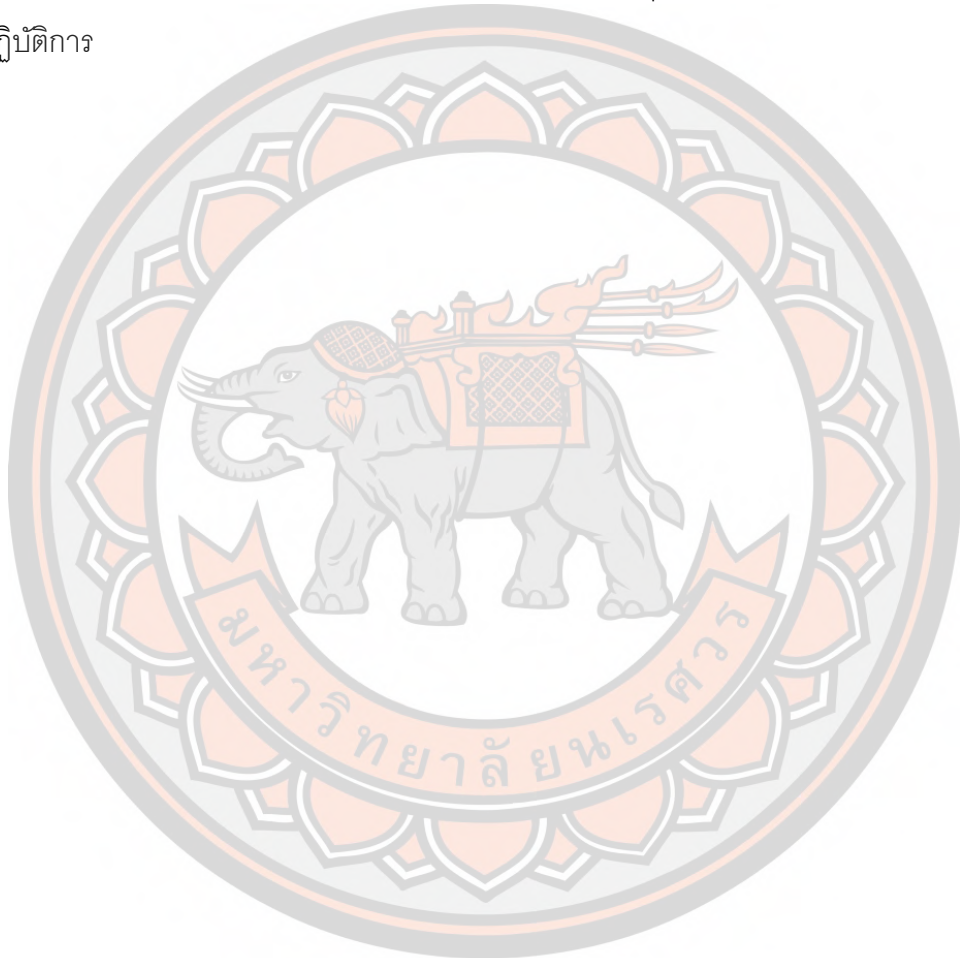
<b>ชื่อเรื่อง</b>	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนูปกรณ์
<b>ผู้วิจัย</b>	กุลวรรธน์ อินทะอุดม
<b>ประธานที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร
<b>กรรมการที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์
<b>ประเภทสารนิพนธ์</b>	วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สาขาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560
<b>คำสำคัญ</b>	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แสงและทัศนูปกรณ์

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ต่อการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนูปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหลักสูตรโรงเรียนมัธยมศึกษาที่ส่งเสริมวิทยาศาสตร์ สังกัดมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ จำนวน 3 วงรอบ ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนแนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และเก็บข้อมูลผลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และระหว่างเรียนด้วยรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนูปกรณ์ ควรเลือกประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน และสามารถสำรวจตรวจสอบหาหลักฐานมาเพื่อโต้แย้งได้ โดยให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองร่วมกับทฤษฎีจากการค้นคว้า และในขณะที่ทำการโต้แย้ง ครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในประเด็นหลักที่ศึกษา และกำกับดูแลไม่ให้อภิปรายนอกประเด็นมากเกินไป จากนั้นอภิปรายมโนทัศน์หลักร่วมกับนักเรียน โดยใช้หลักฐานจากการทดลอง และควรให้นักเรียน

ได้เปลี่ยนแปลงรายงานผลการทดลองตามคำวิจารณ์โดยจะต้องมีเหตุผลมารับการตัดสินใจนั้น ทั้งนี้ผลจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ ได้แย่งส่งผลให้นักเรียนมีระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับผลรายงานผลการทดลองระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งพบว่า นักเรียนมีระดับขององค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ดีขึ้นตามวงรอบ ปฏิบัติการ



**Title** Argument-driven inquiry instructional model to facilitate scientific reasoning of 11th grade students in light and visual instrument topic

**Author** Kullawat Inthaud

**Advisor** Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D

**Co-Advisor** Assistant Professor Sirinuch Chindaruksa, D.SC.

**Academic Paper** Thesis M.Ed. in Physics,  
Naresuan University, 2016

**Keywords** Argument-driven inquiry instruction, scientific reasoning,  
light and visual instrument



### ABSTRACT

This research aims to develop the argument-driven inquiry instruction to facilitate scientific reasoning and study scientific reasoning through the argument-driven inquiry instruction in topic light and visual instrument comprising of light and shadow, light and care of eyes and thin lens of grade 11 students who study in science education curriculum at Phitsanulok province in part of office of the Higher Education Commission in second semester of the year 2017. The research methodology was the action research consisting 3 cycles. The collecting data analyzed through reflective learning management form in order to guidance learning management and the data were content analysis. In additional, the collecting data related to the effect of learning management are gathered by student report during studying in order to identify level of student's scientific components and the Lawson's classroom test for scientific reasoning (LCTSR) before and after completing the topic in order to identify student's scientific reasoning.

The results of this research indicate that the 8 stage of learning management by using argument-driven inquiry instruction that teacher choose topic which refers to physics content, appropriate to student and involve with various variable. It must be investigable to find evidence to argue. Secondly, teacher should let student to design and carry out investigation by themselves while conduct them to collect necessary data

to answer their guiding question by correctly method. Then engage students to analyze and conclude from the observed evidence and use theories form reliable sources to discuss with their investigation. During argumentation session; teacher should asking student question for express their opinion in main topic and scientific argument and teacher must to control them not to discuss in uninvolved topic. After that, teacher might discuss with student in main topic and fix misunderstanding from argument session by link theory to students' investigation in order to make student think reflectively. Then teacher should guide student to change their scientific argument from knowledge they got for argument and explicit session, and teacher must explain components of investigation report and details of each part. Subsequently; teacher must indicate that importance part of report for students to criticize and review are discussion and conclusion from evidence and scientific reasoning. Finally, teacher should explain to student that they could change their investigation report follow by peer reviews' comments in last session. But if they not, they must explain the reason why they don't change it. And the results from using argument-driven inquiry instruction indicate that student has improved scientific reasoning from before to after study with this instruction. According to result from students' report during study with argument-driven inquiry instruction, the result shows that students' scientific reasoning has improve from time to time.



# สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	คำถามวิจัย .....	9
	จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	9
	นิยามศัพท์เฉพาะ .....	9
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
	หลักสูตรสถานศึกษา .....	13
	การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ .....	15
	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง.....	20
	วิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	38
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	43
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	49
	รูปแบบการวิจัย .....	49
	บริบทงานวิจัย 50	
	กลุ่มเป้าหมาย 51	
	เครื่องมือในการวิจัย.....	51
	การสร้างเครื่องมือวิจัย .....	55
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	61
	การวิเคราะห์ข้อมูล .....	66
	ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ.....	69

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	71
ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ .....	71
ตอนที่ 2 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ .....	136
5 บทสรุป.....	179
สรุปผลการวิจัย .....	179
อภิปรายผลการวิจัย.....	182
ข้อเสนอแนะ 185	
บรรณานุกรม.....	187
ภาคผนวก.....	195
ประวัติผู้วิจัย .....	232

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายของการวิจัยกับเครื่องมือการวิจัย .....	54
2 ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ สถานการณ์ที่ใช้ และหัวข้อที่จะได้แย้ง .....	57
3 ผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบ การสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ .....	126
4 จำนวนคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับจากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์...	138
5 จำนวนของนักเรียนที่สร้างองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในแต่ละระดับจากใบงานระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ .....	162

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning: LCTSR) .....	19
2 กรอบสำหรับส่วนประกอบของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ ที่ใช้ประเมินคุณค่าของข้อโต้แย้ง .....	22
3 ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง .....	24
4 ส่วนประกอบของข้อโต้แย้งที่จัดบน whiteboard .....	28
5 ตัวอย่างข้อโต้แย้งที่นักเรียนสร้างขึ้นบน whiteboard .....	29
6 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ .....	39
7 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	65
8 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์อื่นทดแทนอุปกรณ์ที่นักเรียนต้องการ .....	79
9 การใช้แถบสีเทียบความยาวคลื่นแสงที่ผ่านเลนส์สีต่างๆ .....	100
10 สภาพห้องเรียนที่ติดกระดาษสีดำเพื่อป้องกันแสงจากภายนอก .....	102
11 การเก็บข้อมูลของนักเรียนโดยใช้สมาร์ตโฟน .....	116
12 การใช้ภาพจากสมาร์ตโฟนฉายหน้าชั้นเรียนเพื่อประกอบการนำเสนอ .....	118
13 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน .....	140
14 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน .....	140
15 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน .....	141
16 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน .....	142
17 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน .....	142





## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ

หน้า

42	ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 6 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน .....	159
43	แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1 .....	164
44	แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1 .....	164
45	แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2 .....	165
46	แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3 .....	167
47	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1 .....	168
48	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1 .....	168
49	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2 .....	170
50	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 2 .....	170
51	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 2 .....	171
52	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3 .....	172
53	แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 3 .....	172
54	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1 .....	173
55	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1 .....	174
56	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 1 .....	174
57	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2 .....	175
58	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 2 .....	176
59	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 2 .....	176
60	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3 .....	177
61	แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 3 .....	178

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน วิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก และเป็นทักษะที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่จะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (National research council, 2012; ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556) ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องพัฒนาให้มีทั้งความรู้เฉพาะทางและทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับปัญหาต่างๆในโลกแห่งความเป็นจริงเมื่อประกอบอาชีพในอนาคต (National Academy of Sciences, 2012; Bao et al., 2009) เพราะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะในการคิดแบบนักวิทยาศาสตร์มืออาชีพและมีบทบาทสำคัญในการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ การผสมผสานมโนทัศน์หลักกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และการสื่อสารเพื่อรายงานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับมโนทัศน์และทฤษฎี (Hand, Prain, & Yore, 2002; Coletta, & Phillips, 2005; Duschl, & Gitomer, 1991) ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์ดำเนินการกระบวนการสืบสอบหาความรู้ พวกเขาจะใช้ทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานที่สำรวจได้และอธิบายว่ามีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างนั้นอย่างไร (McNeil, & Krajcik, 2008; Lawson, 2009)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน วิทยาศาสตร์ เพราะหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องโดยอ้างอิงหรือได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานที่เหมาะสม ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นความสามารถขั้นพื้นฐานของการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (McNeill, & Krajcik, 2008; Sadler, 2004; Sandoval, & Reiser, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Bao et al. (2009) ที่ได้กล่าวว่า เป้าหมายของการเรียนการสอนในการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งความสามารถทางวิทยาศาสตร์นี้มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในการประกอบอาชีพในอนาคตและสามารถรองรับความต้องการ



แรงงานได้อย่างหลากหลาย แต่ในประเทศไทยยังมีผู้สนใจน้อยมาก ทั้งๆที่ในความเป็นจริงแล้ว การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ลฎาภา สุทธิกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556) ซึ่งการให้เหตุผลนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จำเป็นจะต้องมีการส่งเสริมเพื่อให้เกิดการพัฒนา สอดคล้องกับ Amsterdam university college (2015) ที่ได้กล่าวไว้ว่า สิ่งหนึ่งที่สำคัญที่จะกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาทักษะเชิงวิชาการได้อย่างเข้มแข็งคือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่เพียงแค่ คณิตศาสตร์เบื้องต้น สถิติ และทักษะคอมพิวเตอร์เพียงเท่านั้นที่สำคัญ แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็จำเป็นเช่นกัน

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การอธิบายความจริงบางประการที่ได้มาจากการทดลอง หรือสืบค้นจนพบหลักฐานที่สนับสนุนข้อความจริงนั้น โดยจะต้องมีการแสดงความเชื่อมโยงกันระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปนั้น ซึ่งจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบได้แก่ 1) ข้อสรุป (Claim) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ใดๆ 2) หลักฐาน (Evidence) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์หยิบยกขึ้นมาเพื่อสนับสนุนข้อสรุป 3) การอ้างเหตุผล (Justification) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ชี้แจงว่า ข้อสรุปและหลักฐานสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งอาจมีองค์ประกอบอื่นอีก เช่น 1) เงื่อนไข (Condition) ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่นักวิทยาศาสตร์ระบุว่า ข้อสรุปนั้นจะถูกต้องและเป็นจริงเมื่อใด 2) ข้อคัดค้าน (Rebuttal) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการหักล้างข้อสรุปทางเลือกอื่นๆ นอกเหนือจากข้อสรุปที่ตนเองสนับสนุน (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Toulmin, 2003 ; ลฎาภา สุทธิกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556)

ถึงแม้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญอย่างมาก แต่จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศรวมถึงผลการศึกษาระดับนานาชาติพบว่านักเรียนไทยยังมีทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ควรพัฒนา ดังจะเห็นได้จากการประเมินการให้เหตุผลระดับนานาชาติในการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS: Trends in International Mathematics and Science Study 2015; TIMSS 2015) โดยมีกรอบการประเมินของ TIMSS 2015 ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (Cognitive Domain) ซึ่งการให้เหตุผลเป็นหนึ่งในพฤติกรรมที่ TIMSS ได้ประเมิน จากผลการประเมินพบว่าคะแนนเฉลี่ยของเด็กนักเรียนไทยในด้านการให้เหตุผลคือ 447 คะแนน จัดอยู่ในระดับที่ 3 กลุ่มปานกลางมาตรฐานสากล จากทั้งหมด 4 ระดับ โดยที่ระดับที่ 1 สูงที่สุด ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจากทุกประเทศที่เข้าร่วมอย่างมีนัยยะสำคัญ (Mullis et al., 2016) จากผลการทดสอบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นปัญหาสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนไม่สามารถ

แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนยังไม่มีทักษะในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และการเขียนสรุปเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งไม่สามารถใช้ความรู้เชื่อมโยงในการแก้ปัญหาได้ และยังไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ ดังนั้นการศึกษาของประเทศไทยควรพัฒนาความสามารถด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นมากกว่าการเรียนแบบท่องจำแล้วนำไปประยุกต์ใช้ไม่ได้ ซึ่งนักเรียนจะสามารถให้เหตุผลได้ เมื่อพวกเขาเข้าใจองค์ความรู้อย่างแท้จริง และนำไปอธิบายเหตุการณ์ตัวอย่างหรือการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตที่จะนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีและการเรียนรู้ที่ยั่งยืน (สสวท, 2559)

ปัญหาเกี่ยวกับทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังเห็นได้จากงานวิจัยภายในประเทศที่พบว่า นักเรียนไทยรู้ถึงความสำคัญของหลักฐานที่มีผลต่อความน่าเชื่อถือในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สามารถแสดงหรือระบุหลักฐานที่มาสนับสนุนได้ (จุฑามาศ นุชิต, และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2554; กาญจนา มหาดี, และชาติรี ฝ่ายคำตา, 2553) นอกจากนี้นักเรียนบางคนไม่สามารถสร้างคำอธิบายที่ถูกต้องหรือสมเหตุสมผลได้ หรือบางคนสามารถสร้างคำอธิบายที่ดีและมีหลักฐานรองรับแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าหลักฐานและคำอธิบายมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (ลฎาภา สุทรกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556)

นอกจากผลการประเมินระดับนานาชาติและงานวิจัยภายในประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่ในจังหวัดพิษณุโลก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 34 คน จำนวน 2 คาบ คาบละ 55 นาที เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษารายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ครั้งนี้ คือ ใบกิจกรรมการทดลอง เรื่อง แรงตึงผิว โดยแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนของการออกแบบการทดลอง ส่วนของผลการทดลอง และส่วนของการอภิปรายผลการทดลอง โดยการทดลองที่กำหนดให้เป็นการทดลองสร้างชิ้นงานเพื่อแข่งขันหากกลุ่มที่สร้างชิ้นงานได้ดีที่สุดโดยมีเกณฑ์การแข่งขันกำหนดไว้ให้ และให้นักเรียนได้เลือกวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานด้วยตนเอง และระบุในตอนท้ายของการทดลองว่าวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ใช้สร้างนั้นช่วยพัฒนาหรือขัดขวางความก้าวหน้าของชิ้นงานอย่างไร ซึ่งนักเรียนเรียนจะต้องใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการอภิปรายผลลัพธ์ของชิ้นงานตนเองถึงสาเหตุ นอกจากว่าผลงานประสบความสำเร็จหรือไม่ เป็นการอธิบายว่าผลงานของกลุ่มตนนั้น สำเร็จหรือไม่สำเร็จได้อย่างไร โดยอ้างอิงจากหลักฐานในขณะที่ทำการสร้างชิ้นงาน

จากการวิเคราะห์ไปกิจกรรมการทดลอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ กล่าวคือ บางส่วนไม่สามารถสร้างคำอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอ้างอิงจากหลักฐานที่ค้นพบ บางส่วนสามารถสร้างคำอธิบายและอ้างอิงหลักฐานได้แต่ไม่มีการชี้แจงว่าเพราะอะไร ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าการที่ฟองสบู่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ เป็นเพราะนักเรียนใช้สารชนิดใดผสมลงไป หรือนักเรียนบอกได้ว่าสารชนิดใดที่ผสมแล้วฟองมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะอะไร นักเรียนบางส่วนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผิด (เหตุผลวิบัติ) ยกตัวอย่างเช่น จากการทดลอง เมื่อนักเรียนผสมน้ำตาลลงในน้ำสบู่พบว่าฟองสบู่จะแตกง่าย จึงสรุปว่าไม่ควรใส่น้ำตาล แต่ในความเป็นจริงแล้วนั้น หากนักเรียนละลายน้ำตาลให้เข้ากับน้ำสบู่จะช่วยให้ผิวฟองสบู่เหนียวและแตกยากขึ้น สิ่งที่ทำให้ฟองสบู่แตกง่ายคือน้ำตาลที่ยังเป็นเม็ดอยู่ทำให้ผิวฟองสบู่เป็นรู นักเรียนบางส่วนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบยืนยันผลได้ ยกตัวอย่างเช่น แบ่งข้าวโพดทำให้ น้ำสบู่ขึ้นและเหนียวขึ้น เมื่อผิวของฟองสบู่เหนียวขึ้นจะทำให้แตกยากขึ้น นักเรียนจึงใส่แบ่งข้าวโพดเพื่อทำให้สบู่แตกยากขึ้น นักเรียนไม่มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบปฏิเสธเหตุ เช่น นักเรียนรู้ว่าสารที่ลดแรงตึงผิวได้จะทำให้ฟองสบู่มีขนาดใหญ่ขึ้น และรู้ว่านมไม่สามารถลดแรงตึงผิวได้ แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมบางกลุ่มจึงใส่หรือไม่ใส่นม และมีนักเรียนเพียงบางคนเท่านั้นที่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแบบการอ้างเหตุผลแบบลูกโซ่ได้ ยกตัวอย่างเช่น จากการทดลองเมื่อนักเรียนเพิ่มน้ำยาล้างจานจะทำให้ฟองสบู่มีขนาดใหญ่ขึ้น และนักเรียนทราบว่าน้ำยาล้างจานช่วยลดแรงตึงผิวของของเหลวได้ นักเรียนจึงสรุปว่าสารที่ลดแรงตึงผิวได้จะช่วยทำให้ฟองสบู่มีขนาดใหญ่ขึ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบถูกต้อง

นอกจากนี้ ผู้ทำวิจัยได้ทำการสอบถามครูผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาฟิสิกส์มากกว่า 5 ปีจำนวน 3 ท่านที่ปัจจุบันทำการสอนอยู่ในโรงเรียนเดียวกันกับผู้ทำวิจัย เกี่ยวกับรูปแบบวิธีการสอนที่ใช้ในห้องเรียน สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนส่วนใหญ่เป็นการบรรยาย โดยมีครูเป็นศูนย์กลาง มีแค่บางคาบเรียนที่มีการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะกำหนดไว้ในจุดประสงค์ของแต่ละรายวิชา ครูผู้สอนมักจะสาธิตการทดลองหน้าห้อง และสรุปผลร่วมกันกับนักเรียนทั้งห้อง โดยเป็นการสรุปแนวคิดหลักที่จะสอนในคาบเรียนนั้นเท่านั้น และไม่มีการให้นักเรียนได้โต้แย้งหรือแปลความหมายข้อมูลที่มาจากแหล่งหลายๆแหล่ง หากจะมีโอกาสที่ให้นักเรียนได้ทำการทดลองง่ายๆ ครูผู้ที่มีประสบการณ์การสอนมากกว่า 5 ปีได้กล่าวว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะรู้แนวโน้มผลการทดลองจากการอ่านคู่มือการปฏิบัติการมาก่อนแล้วทำให้นักเรียนเน้นทดลอง

เพื่อให้ได้ผลตามทฤษฎีมากกว่าที่จะวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ได้จริงว่าทำไมถึงมีค่าแตกต่างจากทฤษฎี รวมทั้งรูปแบบการทดลองถูกกำหนดไว้ตั้งแต่แรกแล้วทำให้คำตอบจะออกมาคล้ายกับเพื่อนในห้อง นักเรียนบางส่วนจึงเลือกที่จะทำตามเพื่อนส่วนใหญ่โดยไม่ได้วิเคราะห์หรือออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งการจัดการเรียนรู้รูปแบบเหล่านี้ทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งจะต้องอ้างอิงจากหลักฐานที่ได้จากการสำรวจหรือการทดลอง รวมทั้งไม่มีโอกาสในการฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากการสำรวจและสัมภาษณ์ของผู้วิจัย จะเห็นว่าสอดคล้องกับผลประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติจากโครงการ TIMSS โดยสาเหตุหลักมาจากการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนอยู่ยังคงอยู่ในรูปแบบเดิมที่ครูเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ โดยครูเป็นผู้ให้ความรู้แก่นักเรียนเพียงทางเดียว ไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดหาเหตุผลหรือที่มาของหลักการและทฤษฎีต่างๆ รวมทั้งยังขาดการฝึกทักษะที่จำเป็นของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การทำการทดลอง การสังเกต การโต้แย้งจากหลักฐาน การสรุปผลจากการทดลองและการอภิปรายผลการทดลองร่วมกับผู้อื่น นักเรียนจึงไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ดังจะเห็นหลักฐานได้จากผลการประเมินโครงการ TIMSS ที่บ่งชี้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับต่ำและจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในปัจจุบันไม่สามารถส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้มากนัก เนื่องจากการสอนของโรงเรียนบางแห่งในประเทศไทยยังคงเป็นการสอนแบบบรรยาย ซึ่งการสอนแบบบรรยายไม่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (ญาณพัฒน์ พรหมประสิทธิ์, นฤมล ยุตาคม, และพัฒน์ จันทร์โรทัย, 2551; ลือชา ลดาชาติ, และวรรณทิพา รอดแรงคำ, 2551; Dabsah, & Faikhamta, 2008) และจากงานวิจัยของ ฌพัลลอร บัวฉุน, นฤมล ยุตาคม, และพจนารถ สุวรรณรุจิ (2559) ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนการสอนบางแห่งในประเทศไทยยังไม่สามารถพัฒนาทักษะในหลายๆด้านรวมทั้งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ผู้สอนหลายท่านมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนการสอนว่าครูจะต้องทำหน้าที่เป็นเพียงผู้คอยให้คำแนะนำแก่นักเรียนเพื่อให้เรียนรู้ด้วยตนเอง แต่ไม่สามารถอธิบายความหมายและวิธีการที่นักเรียนค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ไม่สามารถตั้งคำถามหรือเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะในการค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือคิดวิเคราะห์ คำถามหรือการวัดผลส่วนใหญ่ยังเน้นให้นักเรียนได้ตอบจากความรู้ความจำเชิงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ลือชา ลดาชาติ, และลฎาภา สุธกกุล (2555) ที่ได้กล่าวไว้ตอนหนึ่งว่า "อาจเป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนรู้ในโรงเรียน

ของนักเรียน กล่าวคือ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเคยได้รับมาในอดีตอาจเน้น การทดลองหรือการสาธิตเพื่อแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยปราศจากการเน้นย้ำว่า นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องตีความและ (ลงข้อสรุป) หลักฐาน เชิงประจักษ์เหล่านั้น การขาดการเน้นย้ำดังกล่าวอาจทำให้นักเรียนเข้าใจว่าหลักฐานเชิงประจักษ์ เป็นสิ่งที่มีความชัดเจนในตัวเอง"

ครูมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน McNiel, & Krajcik (2008) กล่าวว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันมีผลต่อการพัฒนาการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยครูควรแนะนำให้ นักเรียนรู้จักองค์ประกอบที่จำเป็นของ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน พร้อมทั้งอธิบายบทบาทและความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบ รวมทั้งเป็นต้นแบบ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เข้ากับชีวิตประจำวัน และ Geddis (1991) กล่าวว่า ครูไม่ควรที่จะรีบสรุปผลการทดลองไปยังข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ เร็วเกินไป ควรที่จะร่วมอภิปรายกับนักเรียนด้วยหลักฐานที่ค้นพบระหว่างการทดลอง ช่วยกันสรุป เพื่อหาข้อสรุปที่น่าเชื่อถือที่สุด การสอนในลักษณะนี้จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ได้

จากการศึกษาค้นคว้ารูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ ผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Kuhn, 1993; Zeidler et al., 2003; Sampson, & Gleim, 2009; Committee on Science Learning, 2007; Grooms, & Walker, 2009; Walker, 2011; Kim, & Hannafin, 2016) เนื่องจากเป็นการผสมผสานระหว่างการสืบสอบ ทางวิทยาศาสตร์และการโต้แย้งเข้าด้วยกันเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อ การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Sampson, & Gleim, 2009; Sampson, Grooms, & Walker, 2009a) ซึ่งกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการ ที่สำคัญในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีเป้าหมาย 5 ประการคือ 1) ผู้เรียนเกิดคำถามนำ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ตอบคำถามนำได้ 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานได้ 4) ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ และ 5) ผู้เรียนสามารถ สื่อสารคำอธิบายให้ผู้อื่นได้ (Brunsell, 2010) ซึ่งได้มีการพัฒนารูปแบบวิธีการสอนหลายรูปแบบ เช่น การสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) ซึ่งใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็น ฐาน (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012)

การให้เหตุผลจะถูกใช้ในทุกเป้าหมายของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์แต่จะเด่นชัดที่สุดในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีเหตุผลมารองรับว่าทำไมจึงคิดเช่นนั้น และเชื่อมโยงทฤษฎีหรือข้อกล่าวอ้างมาสนับสนุนคำอธิบายของตน (Kim, & Hannafin, 2016) ดังนั้นเพื่อแก้ไขความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถใช้การเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012) ซึ่งสามารถใช้ ทักษะการโต้แย้ง ที่เป็นความสามารถในการสร้าง สนับสนุน คัดค้าน หรือปรับปรุงข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ที่ได้รับการยอมรับ โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ทดลอง ร่วมกับการให้เหตุผล เพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและพยานหลักฐานเข้าด้วยกัน (Sampson, Grooms, & Walker, 2009b)

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรูปแบบหนึ่งของการแสดงออกโดยใช้เหตุผลของบุคคล อาจจะเป็นกิจกรรมส่วนบุคคลหรือกิจกรรมทางสังคมที่แสดงออกทางความคิด ด้วยวาจา การเขียน หรือการกระทำที่มีเหตุผล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความรู้ ด้วยการตัดสินใจสรุปคำอธิบาย การคาดเดา หรือข้อกล่าวอ้างด้วยเหตุผลและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Sampson, & Balnchard, 2012) การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ผ่านบริบทที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์กับสังคม ทำให้การเรียนรู้ที่มีความหมายกับผู้เรียนอย่างแท้จริง สอดคล้องกับแนวคิดของ Zeidler et al. (2003) ที่กล่าวว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหรือการแสดงออกที่ส่งเสริมให้เกิดการให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงระหว่างความรู้และบริบทแวดล้อมตัวผู้เรียนให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างคำอธิบายของตนต่อหลักฐานที่น่าเชื่อถือ นอกจากนี้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างและตอบคำถามโดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โต้แย้งกันเหมือนที่นักวิทยาศาสตร์มืออาชีพทำ (Kuhn, 1993; Committee on Science Learning, 2007) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีความโดดเด่นในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) และการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ (Informal reasoning) ทำให้เกิดความเข้าใจในทัศน์ (Conceptual understanding) และสมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันอภิปรายด้วยการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานประจักษ์พยานเป็นสำคัญ (Zeidler et al., 2003) องค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง (Claims) หลักฐาน (Evidences) และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยมีความสัมพันธ์กันคือจะใช้หลักฐานที่มีอยู่เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานที่น่าใช้ประกอบนั้นต้องแสดงถึงความมีเหตุผล

(ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556) ทั้งนี้สิ่งที่จะนำมาเป็นหลักฐานในการโต้แย้งได้นั้น ต้องได้มาจากการวัด การสังเกต หรือข้อค้นพบที่ได้มีการบันทึก วิเคราะห์ และตีความ ส่วนประกอบของเหตุผลในการโต้แย้งนั้น อาจอยู่ในรูปของความขัดแย้งหรือแสดงให้เห็นถึง ลักษณะเฉพาะของหลักฐานที่นำมาใช้เป็นตัวเลือก ตลอดจนแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่าง ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มาสับสนุนนั้น (Sampson, & Blanchard, 2012)

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จะเห็นว่ามีเหมาะสมในการนำมาใช้พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน เนื่องจากในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะได้ดำเนินการทดลอง ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองและใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อวิเคราะห์และสรุปผล การทดลองเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามการทดลอง หลังจากนั้นนักเรียนทุกคน จะได้เข้าร่วมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะได้นำเสนอผลการทดลองรวมถึงคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ต่อหน้าเพื่อนร่วมชั้นเรียน และร่วมกันอภิปรายถึง ความน่าเชื่อถือ และความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย ได้แย้งกันด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐาน หรือทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาสสนับสนุน ต่อจากนั้นนักเรียนแต่ละคนจะได้ใช้ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อีกครั้งเพื่อสร้างรายงานผลการทดลอง และแลกเปลี่ยนรายงาน ผลการทดลองกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อวิจารณ์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อน เพื่อที่นักเรียนแต่ละคนจะได้นำข้อวิจารณ์และข้อเสนอแนะนั้นกลับไปแก้ไขรายงานผลการทดลอง ของตนเองให้ดียิ่งขึ้น หลังจากการวิจารณ์รายงานผลการทดลองแล้ว เจ้าของรายงานสามารถเลือก ที่จะแก้ไขหรือไม่แก้ไขตามคำแนะนำได้ หากไม่แก้ไขตามจะต้องให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เหตุใดจึงไม่แก้ไขตามคำแนะนำนั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนจะได้ใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลายครั้งผ่านขั้นตอนต่างๆของของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธี การโต้แย้ง ซึ่งนอกจากจะได้ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองแล้ว นักเรียนยังจะต้อง ประเมินเหตุผลวิทยาศาสตร์ของผู้อื่นอีก (Berland, & Reiser, 2009; Walker, 2011; Enderle, Grooms, & Sampson, 2012; Transforming Lab Activities, 2017; Committee on Science Learning, 2007)

จากแนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของ Grooms et al. (2016) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จึงมีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยคาดหวังว่ารูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวจะช่วยพัฒนา

นักเรียนให้ได้ความรู้ มีทักษะการปฏิบัติและเจตคติที่ดีในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีส่วนในการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตในอนาคตต่อไป

### คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ได้อย่างไร

### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

### นิยามศัพท์เฉพาะ

#### 1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การอธิบายความจริงบางประการที่ได้มาจากการทดลอง หรือสืบค้นจนพบหลักฐานที่สนับสนุนข้อความจริงนั้น โดยจะต้องมีการแสดงความเชื่อมโยงกันระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปนั้น ซึ่งจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบคือ

1.1 ข้อสรุป (Claim) เป็นคำอธิบายต่อสถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

1.2 หลักฐาน (Evidence) เป็นสิ่งที่สนับสนุนข้อสรุปที่มาจากการสำรวจตรวจสอบ หรือสืบค้นมาได้



1.3 การอ้างเหตุผล (Justification) เป็นคำอธิบายที่ชี้แจงว่า ข้อสรุปและหลักฐานสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

## 2. ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดหรือข้อสรุปจากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ของตัวนักเรียนเองหรือมาจากการอภิปรายภายในกลุ่ม ซึ่งข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะประกอบไปด้วย

2.1 ข้อกล่าวอ้าง หมายถึง คำอธิบายที่นักเรียนคิดเพื่อตอบคำถามการทดลอง

2.2 หลักฐาน หมายถึง ข้อมูลที่นักเรียนได้จากการวัดและการสังเกตจากการทดลอง โดยวิเคราะห์ห้ข้อมูล และแปรผลข้อมูลที่เป็นในการตอบคำถามนำการทดลอง

2.3 การให้เหตุผล คำอธิบายความสำคัญของหลักฐานและความสัมพันธ์ทั้งในเชิงสนับสนุนและขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้าง โดยสร้างมโนทัศน์หรือข้อสรุปที่มาจากการวิเคราะห์และแปรผล

## 3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง คือ แบบแผนในการจัดการเรียนรู้ ที่นำกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มาเพื่อใช้ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนทั้งหมด 8 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การระบุเป้าหมายและคำถามนำ ครูจะระบุเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ที่จะทำการสืบสอบโดยกล่าวถึงความสำคัญ ปัญหา หรือ เหตุผลที่จะต้องทำการสืบสอบของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์และสร้างคำถามนำการทดลองร่วมกับนักเรียน กรณีที่มีอุปกรณ์การทดลองที่มีวิธีการใช้งานซับซ้อนหรือการทดลองเสี่ยงต่ออุบัติเหตุให้ครูชี้แจงวิธีการใช้งานและข้อระมัดระวังเหล่านั้น

3.2 การออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง ด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงข้อมูลที่ต้องการจะเก็บเพื่อนำมาตอบคำถามนำการทดลอง เมื่อครูตรวจความสมบูรณ์ของผลการออกแบบของแต่ละกลุ่มแล้วให้นักเรียนดำเนินการทดลอง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น ครูให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน

โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองในขั้นที่ 2 และเรียกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้ว่า “ข้อโต้แย้งขั้นต้น”

3.4 การโต้แย้ง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนเอง และอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประเมินข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนร่วมกับกลุ่มอื่น หลังจากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเอง หากจำเป็นสามารถให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองใหม่ได้

3.5 การกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายมโนทัศน์หลักของเรื่องที่เรียนโดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองของนักเรียน รวมไปถึงอธิบายมโนทัศน์เชื่อมโยงและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนพุดถึงในขั้นที่ 4 และอภิปรายเชิงสะท้อนร่วมกับนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดการพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ออกแบบการทดลอง เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ผล แปรผล สรุปผล) กล่าวถึงทั้งข้อดีและข้อที่ต้องพัฒนาในการทดลองของนักเรียน

3.6 การเขียนผลการสำรวจ ครูให้นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองรายบุคคล โดยรายงานผลการทดลองจะประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์ของการทดลอง คำถามนำการทดลอง อุปกรณ์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และสิ่งที่ควรปรับปรุง

3.7 การสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน ครูให้นักเรียนแต่ละคนส่งสำเนารายงานผลการทดลอง 3 ฉบับ โดยไม่ต้องเขียนชื่อลงในรายงาน แต่ครูจะทำหมายเลขไว้ และสุ่มให้นักเรียนแต่ละคนวิจารณ์รายงานผลการทดลองโดยไม่รู้ว่าเป็นใคร 1 คน จะต้องวิจารณ์ทั้งหมด 3 ฉบับ วิจารณ์ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนจากหลักฐานที่นำเสนอและเหตุผลสนับสนุน โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์

3.8 ทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน ครูคืนรายงานที่ได้รับการวิจารณ์จากขั้นที่ 7 และให้นักเรียนแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้วิจารณ์ หากไม่แก้ไขเขียนเหตุผลว่าทำไมจึงไม่แก้ไขตามคำแนะนำ และส่งรายงานที่แก้ไขแล้วให้ครู

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนสอน โดยการใช้การสืบสอบแบบมีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลจากตำรา เอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา
  - 1.1 วิสัยทัศน์ของโรงเรียน
  - 1.2 พันธกิจของโรงเรียน
  - 1.3 เป้าประสงค์ของโรงเรียน
  - 1.4 คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้
2. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.1 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.3 การให้เหตุผลกับวิทยาศาสตร์
  - 2.4 การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
3. การสืบสอบแบบมีการโต้แย้ง
  - 3.1 การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์
  - 3.2 ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
  - 3.3 ขั้นตอนของการสืบสอบแบบมีการโต้แย้ง
  - 3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการสืบสอบแบบมีการโต้แย้ง
4. วิจัยเชิงปฏิบัติการ
  - 4.1 ความหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการ
  - 4.2 ขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ
  - 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
  - 4.4 ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

### 5.2 งานวิจัยในประเทศ

## หลักสูตรสถานศึกษา

### 1. วิสัยทัศน์ของโรงเรียน

มุ่งนำคุณภาพการศึกษา พัฒนาจิตสำนึกไทย เรียนรู้สู่สากล ครองตนในสังคมอย่างมีสุข

### 2. พันธกิจของโรงเรียน

2.1 จัดการศึกษาขั้นพื้นฐานให้แก่บุคคลในชุมชนอย่างเสมอภาค  
2.2 พัฒนาผู้เรียนให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา มีความเป็นไทยและมุ่งมั่นสู่ความเป็นสากล

### 3. เป้าประสงค์ของโรงเรียน

- 3.1 ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา
- 3.2 ชุมชนได้รับการบริการทางการศึกษาอย่างทั่วถึง
- 3.3 บุคลากรในสถานศึกษาได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน
- 3.4 สถานศึกษาได้รับการสนับสนุน ยอมรับเป็นที่ประจักษ์แก่ชุมชน

### 4. คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม ว 30204 ฟิสิกส์ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 80 ชั่วโมง จำนวน 2 หน่วยกิต

ศึกษาวิเคราะห์ ทดลอง อภิปรายและ ผูกกระบวนการคิดแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เกี่ยวกับคลื่นเสียงและสมบัติของคลื่นเสียง เสียงและการได้ยิน คลื่นแสงและสมบัติของแสงเชิงฟิสิกส์ การโพลาไรซ์ของแสง สมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต ความสว่าง ทัศนอุปกรณ์ ตาและการมองเห็น

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบสอบหาความรู้ ทดลอง การสำรวจ ตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ และชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

### ผลการเรียนรู้

1. สามารถตรวจสอบ และอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติและสมบัติของคลื่นเสียงได้
2. สามารถตรวจสอบเกี่ยวกับการเกิดบีตส์และคลื่นนิ่งของเสียงได้
3. สามารถตรวจสอบ และอธิบายเกี่ยวกับการสั่นพ้องของเสียงปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ และคลื่นกระแทกได้
4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความเข้มเสียง, ระดับความเข้มเสียง, การได้ยินและคุณภาพของเสียงได้
5. สืบค้นข้อมูลสามารถตรวจสอบ และอธิบายเกี่ยวกับมลภาวะของเสียงและการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
6. สามารถตรวจสอบ อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของแสงได้
7. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของแสง
8. สืบค้นข้อมูล สามารถตรวจสอบ การกระจายแสง การกระเจิงแสง และนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติบางอย่างได้
9. สามารถตรวจสอบ อธิบายเกี่ยวกับความเข้มของแสง ความสว่างและคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้
10. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจก เลนส์และจากทัศนอุปกรณ์รวมทั้งคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้
11. สามารถตรวจสอบ อธิบายเกี่ยวกับสมบัติสเปกตรัมและการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
12. สามารถตรวจสอบ อธิบาย ปริมาณเกี่ยวกับสมบัติของแสง เช่น การสะท้อนและการหักเหของแสงได้
13. สืบค้นข้อมูลสามารถตรวจสอบ การกระจายแสง การกระเจิงแสง และนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติบางอย่างได้
14. สามารถตรวจสอบ อธิบายเกี่ยวกับความเข้มของแสง ความสว่างและคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้อง
15. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกและเลนส์และจากทัศนอุปกรณ์และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

รวมทั้งหมด 15 ผลการเรียนรู้

ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหาในหน่วยที่ 2 แสงและทัศนอุปกรณ์ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ใช้เนื้อหาทั้งหมดในหน่วยนี้แต่ที่จะนำมาใช้จะเป็นเพียงส่วนหนึ่งของหน่วยที่ 2 แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งจะมีสาระสำคัญดังนี้

แสงเคลื่อนที่แนวตรง เมื่อเคลื่อนที่ในตัวกลางชนิดเดียวกันที่มีมวลสม่ำเสมอ แสงจะมีการหักเหเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง การหักเหของแสงเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ภาพเกิดจากการหักเหที่ผิวโค้งทรงกลมมีทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ภาพเกิดจากการหักเหของแสงที่ผิวระนาบจะเป็นภาพเสมือนตำแหน่งของภาพของเลนส์นูนและเลนส์เว้า หาได้โดยการเขียนแผนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณ แสงทำให้เกิดความสว่าง ความรู้เรื่องความสว่าง นำไปใช้ในการจัดไฟตามอาคารบ้านเรือน ให้เหมาะสมกับใช้งานและต่อเนยน์ตา ความสว่างที่เหมาะสมมีความจำเป็นต่อเนยน์ตา จึงจำเป็นต้องถนอมสายตา ตาของคน และกล้องถ่ายภาพมีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่คล้ายกัน ชนิดของวัตถุอาจแบ่งตามปริมาณแสง และลักษณะที่แสงผ่านวัตถุได้เป็นวัตถุโปร่งใส วัตถุโปร่งแสง และวัตถุทึบแสง แสงขาวตกกระทบวัตถุ สารสีในวัตถุจะดูดกลืนแสงสีบางแสงสี แสงสีที่เหลือจะสะท้อนหรือทะลุผ่านวัตถุ สารสีปฐมภูมิมี 3 สี เมื่อนำมาผสมกันในปริมาณเท่าๆกันจะได้สารสีผสมสีดำ ส่วนแสงสีปฐมภูมิประกอบด้วยแสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีเขียวเมื่อนำมาผสมกันได้แสงสีขาว

### **การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อมาตรฐานการศึกษาสากลเป็นอย่างมาก และเป็นทักษะที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่จะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (National research council, 2012; ฤฎาภา สุทรกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556) และเป็นทักษะสำคัญที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการดำเนินการกระบวนการสืบสอบหาความรู้ พวกเขาจะใช้ทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานที่สำรวจได้และอธิบายว่ามีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างนั้นอย่างไร (McNeil, & Krajcik, 2008; Lawson, 2009)

### **ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้มีผู้ที่ให้คำนิยามความหมายไว้หลายท่านยกตัวอย่าง ดังนี้

Toulmin (2003) ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการตระหนักถึงความจริงบางประการ คิดวิเคราะห์ถึงความจริงนั้นอย่างเป็นระบบระเบียบ และอธิบายความจริงนั้นผ่านการเชื่อมโยงเข้ากับหลักฐานหรือความจริงอื่นที่มีความสัมพันธ์กัน

ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา ลดาชาติ (2556) ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการแสดงความเชื่อมโยงกันระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุป ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งของผู้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อใช้พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาเหตุผลรองรับในกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้น ซึ่งถือว่าเป็นกิจกรรมทางสังคมที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยมีจุดเน้นหลักคือการแสดงความเชื่อมโยงกันระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปนั้น

Amsterdam University College (2015) ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรูปแบบการคิดเป็นเหตุเป็นผลที่จะใช้ความสัมพันธ์จากการสำรวจอธิบายไปสู่ข้อสรุปทั่วไป

Rankin (2016) ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการให้ความสอดคล้องระหว่าง มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎี เพื่อสร้างกระบวนการที่ ซึ่งรับรองและปฏิบัติตาม ภาววิทยา ญาณวิทยาและวิธีการที่พวกเขา

Waters (2017) ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการคิดในรูปแบบของนามธรรมหรือสัญลักษณ์ การที่สามารถคิดเกี่ยวกับหลายตัวแปรหรือหลายมิติในเวลาเดียวกัน การที่สามารถคิดในรูปแบบของความน่าจะเป็นและเศษส่วน

จากการให้ความหมายของ “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์” ของผู้ที่ให้นิยามหลายๆท่าน อาจสรุปได้ว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์” คือ การอธิบายความจริงบางประการที่ได้มาจากการทดลอง หรือสืบค้นจนพบหลักฐานที่สนับสนุนข้อความจริงนั้น โดยจะต้องมีการแสดงความเชื่อมโยงกันระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปนั้น

จากนิยามที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะเห็นได้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อสรุป (Claim) เป็นคำอธิบายต่อสถานการณ์ ปรัชญาการณ หรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์
2. หลักฐาน (Evidence) เป็นสิ่งที่สนับสนุนข้อสรุปที่มาจากการสำรวจตรวจสอบหรือสืบค้นมาได้

3. การอ้างเหตุผล (Justification) เป็นคำอธิบายที่ชี้แจงว่า ข้อสรุปและหลักฐานสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

### **การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์กับวิทยาศาสตร์**

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการสามัญที่ใช้ในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิต เช่น นักชีววิทยาจะทำการสำรวจและบันทึกผลข้อมูล ทั้งแบบปริมาณและแบบคุณภาพ หรือการเก็บข้อมูลดิบโดยการวาดภาพ ถ่ายภาพ บันทึกวีดีโอ จากการสำรวจหลายๆครั้ง นักวิทยาศาสตร์จะทำการสรุป (อุปนัย) จากหลักฐาน การให้เหตุผลแบบอุปนัยจะเกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทั่วไปจากการสำรวจที่ระมัดระวังและการวิเคราะห์ ด้วยข้อมูลจำนวนมาก (BOUNDLESS, 2016) นักวิทยาศาสตร์ชอบค้นหาความจริงในธรรมชาติ โดยจะเริ่มสังเกตธรรมชาติก่อนและจะเชื่อเมื่อได้ทดสอบหลายๆ ครั้งจนมั่นใจ ในขณะที่สังเกตหรือทดสอบ นักวิทยาศาสตร์อาจค้นพบข้อเท็จจริงใหม่ที่ตนไม่เคยพบมาก่อน และนำข้อเท็จจริงใหม่เหล่านี้มาพิจารณาหาความสัมพันธ์กับข้อเท็จจริงเดิมที่มีอยู่ก่อนเมื่อผ่านขั้นตอนการทดลองแล้ว นักวิทยาศาสตร์อาจจะประมวลสรุปเป็นความรู้ในรูปทั่วไปเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่อไป (Boundless, 2016)

วิธีการสรุปผลค้นหาความจริงจากการสังเกตหรือทดลองหลายๆ ครั้ง จากกรณีย่อยแล้วสรุปเป็นความรู้แบบทั่วไปเช่นนี้เรียกว่า การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Deductive Reasoning) ปัจจุบันได้พัฒนามาเป็นระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ความรู้ที่ได้มาด้วยวิธีการดังกล่าวหากมีผู้พบว่าไม่เป็นไปตามที่สรุปไว้ นักวิทยาศาสตร์จะพยายามเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อสรุปเดิม เพื่อให้ได้ข้อใหม่ที่เหมาะสมกว่า และถ้าหากว่าข้อสรุปนั้นสอดคล้องกับทุกกรณีที่เป็นไปได้ และอาจใช้พยากรณ์ข้อเท็จจริงอื่น ๆ ได้อีกข้อสรุปนั้นจะกลายเป็นกฎหรือทฤษฎี กฎหรือทฤษฎีนั้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้อีก ถ้ามีผู้พบข้อเท็จจริงใหม่ที่ขัดแย้งกับข้อที่ได้ตั้งไว้ (Boundless, 2016; Singleton, & Straits, 1999) สิ่งที่สำคัญต่อวิทยาศาสตร์คือการได้การความรู้ใหม่ ซึ่งเกิดจากความสงสัยและการสืบสอบเป็นเสมือนแรงผลักดันให้เกิดการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะพยายามค้นหาความจริงเกี่ยวกับโลก เพื่อนำไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Boundless, 2016)

### **การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

งานวิจัยทางการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้หลายรูปแบบ ซึ่งส่วนใหญ่จะเลือกใช้เครื่องมือในการวัด 2 เครื่องมือ



คือ แบบสัมภาษณ์ และ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning: LCTSR)

แบบสัมภาษณ์ มีลักษณะเป็นการสัมภาษณ์นักเรียนแยกรายบุคคลเพื่อให้เห็นพฤติกรรมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน โดยให้ทำการสำรวจตรวจสอบเหตุการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงหรือประยุกต์ใช้ความรู้จากเหตุการณ์ในชั้นเรียนก่อนหน้า ซึ่งในบางครั้ง จะทำการสัมภาษณ์จากชิ้นงานของนักเรียน เช่น รายงานผลการทดลอง หรือใช้โมเดลร่วมในการสัมภาษณ์ด้วย ซึ่งจะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง คือปัญหาหรือประเด็นที่จะถาม กำหนดไว้ตามจุดประสงค์ของแต่ละเนื้อหาที่เรียนและถามคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายของเหตุการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ และวัดว่านักเรียนได้แสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่กำหนดให้กับคำอธิบายที่นักเรียนสร้างได้หรือไม่ โดยจะถามว่าทำไมจึงคิดเช่นนั้น ทำไมจึงเป็นแบบนี้ที่นักเรียนกล่าวอ้าง (Tytler, & Peterson, 2003; Meindertma et al., 2013)

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning: LCTSR) เป็นแบบวัดแบบสองชั้น ชนิดเลือกตอบ เป็นแบบวัดที่ให้นักเรียนเลือกตอบจากตัวเลือก 4-5 ข้อ โดยจะมีคำถามสองข้อที่ต่อเนื่องกัน โดยคำถามแรกจะถามเกี่ยวกับความรู้เนื้อหาจากสถานการณ์ ตารางผลการทดลอง หรือ ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้อง และคำถามส่วนมากจะถามเหตุผล หรือถามหาหลักฐานที่นักเรียนใช้เพื่อตัดสินใจเลือกตอบคำตอบก่อนหน้านี้ โดยจะมีตัวเลือกตอบให้ 4-5 ข้อ นักเรียนจะต้องแสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเลือกตัวเลือกตอบทั้งสองข้อที่มีความสัมพันธ์กันดังภาพ 1 โดยตัวเลือกตอบอาจจะคิดขึ้นมาเอง หรือนำมาจากการใช้คำถามเดียวกันแต่ให้ตอบแบบปลายเปิดกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายเพื่อนำคำตอบที่ได้มาจัดกลุ่มและทำเป็นข้อเลือกตอบกับแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับจริง (Bao et al., 2009; Coletta, & Phillips, 2005; Ding, Wei, & Mollohan, 2014; Lawson, 1987; Moore, & Rubbo, 2012; Nieminen et al., 2012; Silk, Schunn, & Strand, 2009)

15. กล่องไม้รูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสจำนวน 6 กล่องถูกใส่ไว้ในถุงผ้าแบบคละกัน โดยที่แต่ละกล่องมีขนาดและรูปร่างเหมือนกันทุกประการ แต่สีแตกต่างกัน โดยมีกล่องที่เป็นสีแดงจำนวน 3 กล่องและกล่องที่เป็นสีเหลืองจำนวน 3 กล่อง

16. เพราะ

a. กล่องไม้ 3 ใน 6 กล่องเป็นสีแดง

b. ไม่สามารถบอกได้ว่ากล่องไหนจะถูกหยิบออกมา

c. มีกล่องเพียงกล่องเดียวจากทั้งหมด 6 กล่องที่ถูกหยิบออกมา

d. กล่องทั้งหมดมีขนาดและรูปร่างเหมือนกันทุกประการ

e. มีกล่องสีแดงเพียงกล่องเดียวจากกล่องสีแดงทั้งหมด 3 กล่อง ที่สามารถถูกหยิบออกมาได้

ภาพ 1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson

ที่มา: Lawson, 1987

และตัวอย่างการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เช่น งานวิจัยของ ลฎาภา สุทธกกุล, และลือชา ลดาชาติ (2556) ที่ได้วัด ระดับของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 4 ระดับดังนี้

1. เหตุผลที่ไม่มีการลงข้อสรุปหรือมีการลงข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง
2. เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องและมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป
3. เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องและมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป แต่ไม่มีการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน
4. เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องและมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป และมีการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน

โดยการวิจัยในครั้งนี้จะใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ของ ลฎาภา สุทธกกุล, และลือชา ลดาชาติ (2556) ตามรายละเอียดข้างต้น

### รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาทักษะพื้นฐานในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างดี รวมถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วย ดังที่ Enderle, Grooms, & Sampson (2012) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาหาพัฒนาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระมัธยมต้นและมัธยมปลาย พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งใช้งานได้ดีในห้องเรียนที่ดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนต้องฝึกฝนทักษะหลายๆด้าน โดยให้ออกแบบการทดลองและสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เพื่อตอบสนองต่อคำถามนำการทดลอง และยังคงพัฒนาสมรรถนะในการสร้างคำอธิบาย ประเมินและเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนการเขียนรายงานผลการทดลองและสรุปวิจารณ์ รายงานผลการทดลองของเพื่อนในห้อง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่สำคัญที่จะสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้นได้ เพราะการเรียนรู้โดยการโต้แย้งจะให้โอกาสนักเรียนได้เข้าใจว่าสิ่งต่างๆเกิดขึ้นได้อย่างไรและทำไมถึงเป็นเช่นนั้น การเรียนรู้แบบโต้แย้งเปรียบเสมือนเครื่องมือสำหรับครูที่จะใช้ในการปฏิบัติการและยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อ่าน เขียน ฟัง และนำเสนอในเชิงวิทยาศาสตร์ เพราะการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้นคือรากฐานของทุกการทดลอง ผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนได้สัมผัสกับวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงและยังช่วยให้พวกเขาได้ลงมือทำปฏิบัติการที่แตกต่างจากการอ่านจากตำราหนังสือทั่วไป การเรียนรู้โดยการโต้แย้งไม่ใช่หลักสูตรหรือแบบแผน แต่เป็นหนึ่งในกลวิธีการสอนที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการเรียนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งการเรียนรู้โดยการโต้แย้งจะมีกระบวนการทั้งหมด 8 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนในการสอนด้วยการสืบสอบแบบมีข้อโต้แย้งได้ถูกออกแบบเพื่อให้มั่นใจได้ว่านักเรียนจะได้รับประสบการณ์จริงจากร่วมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และในด้านการเรียนรู้ นักเรียนจะได้รับผลสะท้อนและคำแนะนำที่ชัดเจนที่จำเป็นต้องใช้เพื่อพัฒนาแต่ละด้านของความเข้าใจของวิทยาศาสตร์ (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012)

### กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

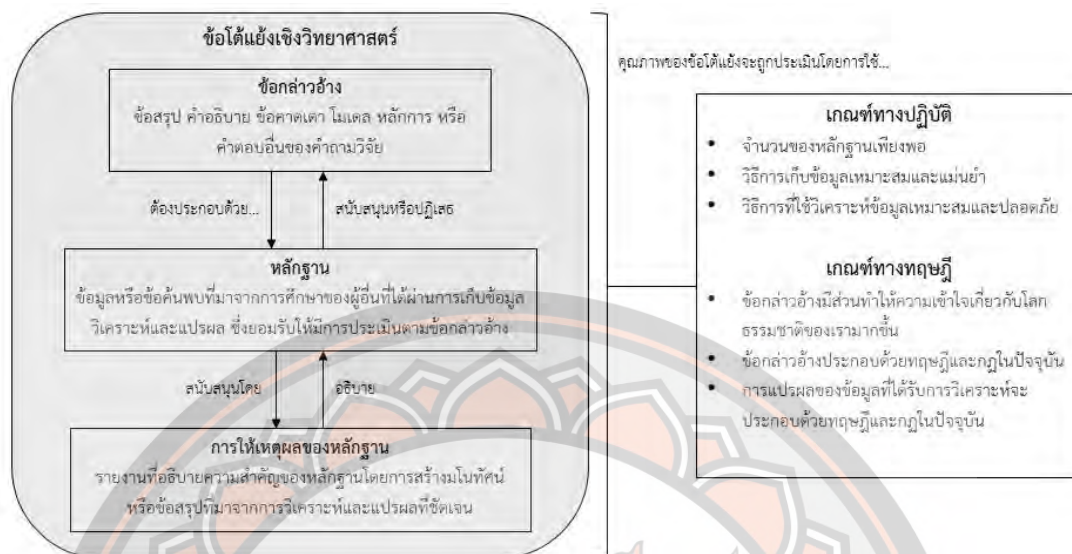
Brunsell (2010) ได้กล่าวว่า กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีเป้าหมาย 5 ประการคือ

1. การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามนำ
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ตอบคำถามนำได้
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานได้
4. ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้
5. ผู้เรียนสามารถสื่อสารคำอธิบายให้ผู้อื่นได้

ซึ่งได้มีการพัฒนารูปแบบวิธีการสอนมาวิธีไม่ว่าจะเป็น การค้นพบที่มีแนวทาง, วัฏจักรการเรียนรู้ 5E, วัฏจักรการเรียนรู้ 7E, และการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้ง (ADI) ซึ่งใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐาน (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012)

#### **ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์**

ข้อโต้แย้งจะประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานที่พวกเขาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลจากหลักฐาน ข้อกล่าวอ้างจะเป็นการตอบคำถามนำ หลักฐานจะประกอบด้วย ข้อมูลจากการวัดและการสังเกตที่ได้เก็บมา การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปรผลจากการวิเคราะห์ การให้เหตุผลจากหลักฐานที่เป็นข้อความที่ใช้สนับสนุนการเลือกหลักฐานโดยการอธิบายว่าทำไมมันถึงสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร นอกจากนั้นยังสร้างมโนทัศน์หรือข้อสรุปที่เกิดจากการวิเคราะห์และแปรผลได้อย่างชัดเจน (Grooms et al., 2016) ส่วนประกอบของข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์แสดงอยู่ในภาพ 2 กรอบสำหรับส่วนประกอบของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณค่าของข้อโต้แย้ง



ภาพ 2 กรอบสำหรับส่วนประกอบของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณค่าของข้อโต้แย้ง

ที่มา: Grooms et al., 2016

### ความเป็นมาในการรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

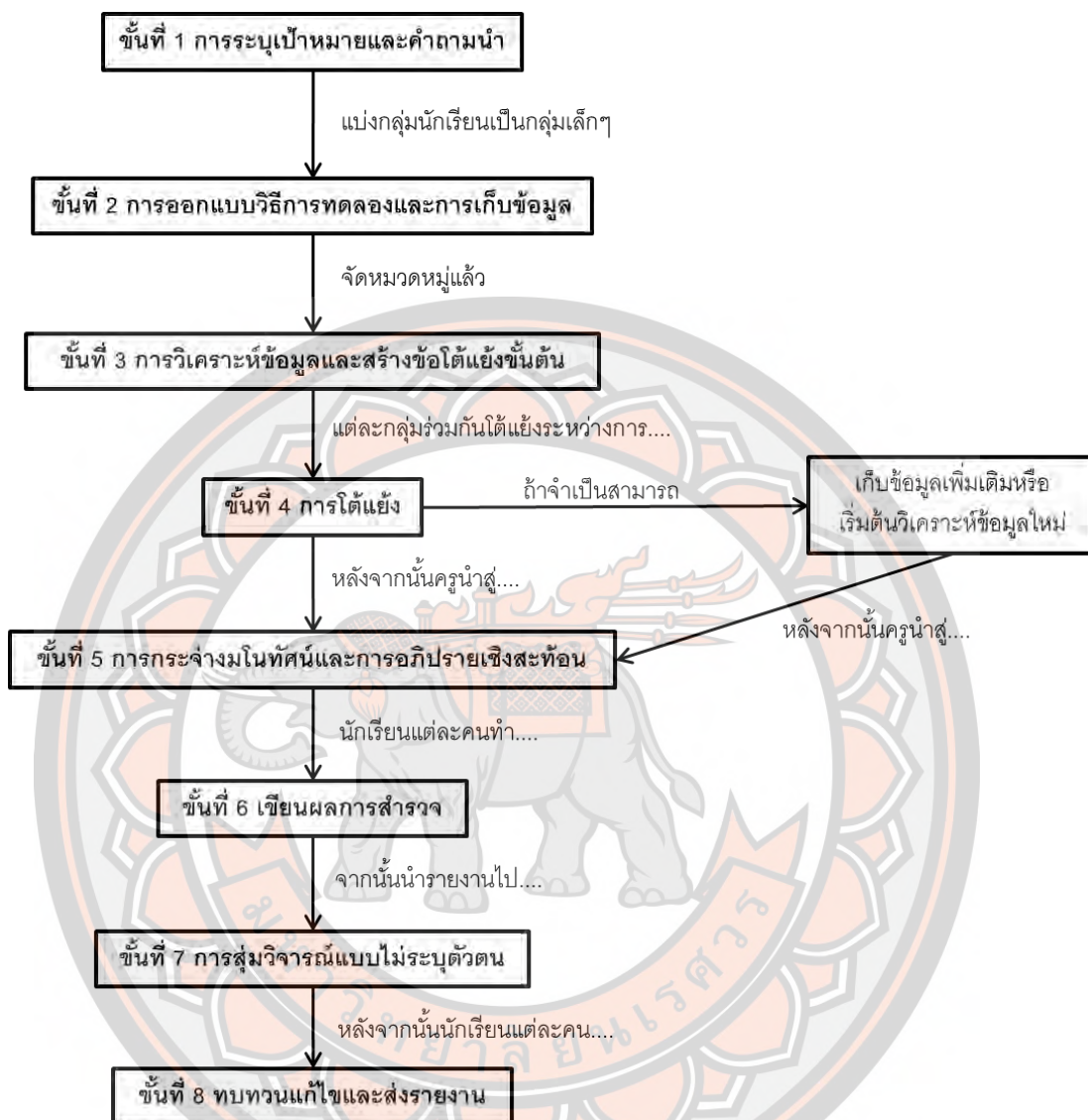
การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งพัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยทางการศึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา 5 ท่าน ได้แก่ Walker, J. P., & Zimmerman, C. จาก The Tallahassee Community College Sampson, V., Grooms, J., & Anderson, B. จาก The Florida State University โดยเริ่มจากรายงาน America's Lab Report: Investigation in high school science ซึ่งเป็นรายงานการปฏิบัติการในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ทำการสำรวจตรวจสอบโรงเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ในปี ค.ศ. 2005 โดยสภาการวิจัยแห่งชาติได้ให้ข้อเสนอแนะหลายประการเพื่อพัฒนาทักษะและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ข้อเสนอแนะประการแรก คือ กิจกรรมการปฏิบัติ (Laboratory activities) จำเป็นจะต้องมีพื้นฐานของการสืบเสาะ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะปฏิบัติการ และเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ประการที่สอง คือ นักเรียนจำเป็นต้องได้รับโอกาสในการอ่าน เขียน และอภิปรายที่ตนปฏิบัติ และประการสุดท้าย คือ ต้องกระตุ้นให้นักเรียนสร้างและวิจารณ์ข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งนี้ คือ

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนด้วยเหตุผลอย่างน้อย 1 ประการ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อตอบสนองต่อข้อเสนอแนะดังกล่าว (Sampson, 2009a)

การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการนำเอาการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนมาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานของแนวคิดในการพัฒนามาจากแนวคิดโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ โดยมีเป้าหมายหลักในการสร้างประสบการณ์ให้การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีความเสมือนจริง โดยคณะผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวและนำมาทดลองใช้กับนักศึกษาปริญญาตรี แล้วนำผลการทดลองจากงานวิจัยที่มีชื่อว่า "Argument Driven Inquiry: รูปแบบการเรียนรู้อำนาจสำหรับใช้ในวิชาปฏิบัติการเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาตรี" (Sampson, Grooms, & Walker, 2010) โดยได้นำเสนอในการประชุมนานาชาติว่าด้วยการวิจัยทางการสอนวิทยาศาสตร์ประจำปี 2010 (2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching: NARST) ณ เมืองฟิลาเดเฟีย มลรัฐซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2010 รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบการเรียนรู้อำนาจที่ช่วยพัฒนาทักษะของนักเรียนสอดคล้องกับคำแนะนำของสภาการวิจัยแห่งชาติได้ ซึ่งสามารถช่วยครูวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงกิจกรรมการปฏิบัติการแบบเดิมไปสู่การเรียนรู้อำนาจแบบบูรณาการได้ โดยมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบ สืบเสาะตรวจสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างการทำกิจกรรมการโต้แย้ง ได้เขียนรายงานผลการสืบเสาะตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น และยังมีขั้นตอนของการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่องที่ยืนยันให้เห็นว่าการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่าการเรียนรู้อำนาจแบบเดิม (Sampson, Grooms, & Walker, 2009a)

### **ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้อำนาจแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง**

ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้อำนาจแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามที่ Grooms et al. (2016) ได้สร้างไว้ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนถูกออกแบบเพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงจากร่วมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และ นักเรียนจะได้รับผลสะท้อนและคำแนะนำที่ชัดเจนที่จำเป็นต้องใช้เพื่อพัฒนาความเข้าใจของวิทยาศาสตร์ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้อำนาจแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทั้ง 8 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังภาพ 3



ภาพ 3 ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ที่มา: Grooms et al. (2016)

## ขั้นที่ 1 การระบุเป้าหมายและคำถามนำ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะเริ่มต้นแต่ละปฏิบัติการด้วยการที่ครูระบุปรากฏการณ์ที่จะสำรวจตรวจสอบและนำเสนอคำถามนำให้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม เป้าหมายของคุณครูในขั้นนี้คือการดึงความสนใจของนักเรียนและให้เหตุผลว่าทำไมจึงต้องทำการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ขั้นนี้เกิดขึ้นได้ครูควรที่จะให้เอกสารประกอบการทดลองแก่นักเรียนแต่ละคน ในเอกสารประกอบการทดลองจะประกอบไปด้วยการเกริ่นนำเบื้องต้นที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่น่าสงสัยหรือปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไขและคำถามนำที่หาคำตอบได้ นอกจากนี้เอกสารยังประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับธรรมชาติของวัตถุที่พวกเขาต้องการที่จะสร้าง ตัวอย่างเช่น ข้อโต้แย้งบนกระดาน, เศษกระดาษ, สไลด์การนำเสนอหรือใช้สื่อเป็นต้น คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ว่าควรจะเริ่มอย่างไร และเกณฑ์ที่ต้องใช้ในการตัดสินคุณภาพของข้อโต้แย้ง เช่น ศักยภาพของการอธิบายและคุณภาพของหลักฐาน (Sampson, Grooms, & Walker, 2009a)

วิธีการกระตุ้นเพื่อเริ่มแต่ละปฏิบัติการจะประกอบไปด้วยการให้นักเรียนแต่ละคนอ่านแต่ละช่วงของเอกสารประกอบการทดลองให้เพื่อนฟัง หลังจากอ่านแต่ละช่วงคุณครูควรหยุดเพื่ออธิบายเพิ่มเติม สร้างความกระจ่าง ตอบคำถาม และให้ข้อมูลเพิ่มเติมถ้าจำเป็น ซึ่งสำคัญมากสำหรับครูที่จะจัดการแนะนำเครื่องมือในขั้นนี้ ใช้เวลาไม่กี่นาทีเพื่ออธิบายการใช้งานเฉพาะของเครื่องมือปฏิบัติการ การใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์หรือแม้กระทั่งการใช้งานโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ครูจำเป็นที่จะต้องจัดการอธิบายเครื่องมือเพราะบ่อยครั้งที่นักเรียนไม่คุ้นชินกับอุปกรณ์ปฏิบัติการหรือแม้ว่าพวกเขาจะคุ้นเคยกับเครื่องมือแล้วนักเรียนบางคนก็ยังใช้งานได้ไม่ถูกวิธีหรือใช้แบบไม่ระมัดระวัง การอธิบายเครื่องมือยังสามารถจัดขึ้นในขั้นนี้เพราะว่านักเรียนจะพบว่ามันยากมากที่จะออกแบบการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการตอบคำถามนำ (ในขั้นที่ 2) เมื่อพวกเขาไม่ได้มีความเข้าใจในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้ ครูควรที่จะทบทวนกระบวนการความปลอดภัยในการทดลองและข้อระมัดระวังระวังการแนะนำเครื่องมือ (Sampson, & Gleim, 2009)

หลังจากที่นักเรียนได้เข้าใจเป้าหมายของกิจกรรมและเข้าใจวิธีการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้ครูควรแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็กๆประมาณ 3 คนต่อกลุ่มและนำเข้าสู่ขั้นที่ 2 ของโมเดลนี้ (Enderle, Grooms & Sampson, 2012)



## ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

ในขั้นที่ 2 แต่ละกลุ่มจะสร้างวิธีการเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการตอบคำถามนำ และดำเนินกระบวนการนี้ให้สำเร็จ นักเรียนจะผ่านขั้นนี้ได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของการสำรวจ การสำรวจบางอย่างต้องอาศัยทำงานเป็นกลุ่มเพื่อตอบคำถามนำโดยการออกแบบการทดลองที่นักเรียนจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ชุดข้อมูลที่รับมา เช่นฐานข้อมูลหรือใบความรู้ ถ้านักเรียนต้องการความช่วยเหลือในการออกแบบการทดลองครูควรที่จะช่วยนักเรียนในการออกแบบการทดลองของพวกเขา ขั้นตอนการทดลองนี้จะช่วยให้นักเรียนดำเนินการทดลองได้เหมาะสม โดยสนับสนุนให้นักเรียนได้คิดเกี่ยวกับประเภทข้อมูลที่พวกเขาต้องเก็บ วิธีการเก็บข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล (Sampson, Grooms, & Walker, 2009b)

สรุปแล้วจุดมุ่งหมายของขั้นนี้คือการให้โอกาสนักเรียนได้ปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับโลกแห่งความเป็นจริง ในบางกรณีข้อมูลก็ได้มาจากโลกแห่งความเป็นจริง การใช้อุปกรณ์และวิธีการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมและเรียนรู้การจัดการความคลุมเครือของงาน ในขั้นนี้ยังให้นักเรียนได้มีโอกาสที่จะได้เรียนรู้ว่าทำไมบางวิธีการจึงเหมาะสมที่จะเก็บข้อมูลหรือการวิเคราะห์ข้อมูลมากกว่าวิธีอื่นๆ และเหตุผลที่วิธีการที่ใช้ระหว่างการสำรวจเชิงวิทยาศาสตร์จะขึ้นอยู่กับลักษณะของคำถามและปรากฏการณ์ที่สำรวจ ในตอนท้ายของขั้นนี้นักเรียนควรที่จะเก็บข้อมูลทั้งหมดที่พวกเขาต้องการในการตอบคำถามนำ (Sampson, Grooms, & Walker, 2010)

## ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น

ในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนเริ่มข้อโต้แย้งขั้นแรกเพื่อตอบต่อคำถามนำการทดลองเพื่อที่จะทำสิ่งนี้แต่ละกลุ่มจำเป็นที่จะต้องทำการวัดหรือทำการสังเกตซึ่งพวกเขาได้ทำในขั้นที่ 2 มาแล้ว เมื่อแต่ละกลุ่มได้วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล พวกเขาจะสามารถสร้างข้อโต้แย้งเริ่มต้นได้ เพื่อยกตัวอย่างของแต่ละข้อโต้แย้งแต่ละส่วนของข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์จะพิจารณาตามตัวอย่างต่อไปนี้ ข้อโต้แย้งนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองต่อคำถามนำ “วัตถุ A B และ C เป็นโลหะประเภทใด” (Grooms et al., 2016)

ข้อกล่าวอ้าง : วัตถุ A และ B คือ ดีบุก ส่วนวัตถุ C คือ ตะกั่ว

หลักฐาน : ความหนาแน่นของวัตถุ A เป็น  $7.44 \text{ g/cm}^3$  และความหนาแน่นของวัตถุ B เป็น  $7.34 \text{ g/cm}^3$  โดยวัตถุทั้งสองมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันมากและรู้กันว่าความหนาแน่นของดีบุกเป็น  $7.36 \text{ g/cm}^3$  ส่วนความหนาแน่นของวัตถุ C คือ  $11.12 \text{ g/cm}^3$  ซึ่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับตะกั่วที่มีความหนาแน่น  $11.34 \text{ g/cm}^3$  นั้นเอง

การอ้างเหตุผล : ความหนาแน่นเป็นสมบัติทางกายภาพของสสารและจะมีค่าคงที่ไม่ว่าวัสดุชิ้นนั้นมีขนาดเพียงใด นอกจากนั้นความหนาแน่นยังถูกใช้เพื่อระบุว่าใช้สสารในการสร้างวัสดุที่ไม่รู้จัก ความแตกต่างของความหนาแน่นที่คำนวณได้เทียบกับความหนาแน่นของวัสดุที่ทราบค่าส่วนใหญ่แล้วเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัด

ข้อกล่าวอ้างในข้อโต้แย้งนี้ให้คำตอบสำหรับคำถามนำ ผู้เขียนเลือกใช้หลักฐานที่แท้จริงในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยให้การวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาได้อย่างความหนาแน่นของสสารแต่ละชนิด และแปรผลการวิเคราะห์อ้างอิงกับความหนาแน่นที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าสุดท้ายผู้เขียนผู้เขียนจะต้องให้เหตุผลแก่หลักฐานในข้อโต้แย้งโดยทำให้ชัดเจนขึ้นจากมโนทัศน์และข้อสรุป(ความหนาแน่นเป็นสมบัติทางกายภาพเฉพาะตัว และความน่าจะเป็นที่ความแตกต่างระหว่างการคำนวณกับปริมาณที่ทราบค่าเป็นเพราะความคลาดเคลื่อนในการวัด)เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปรผลการวิเคราะห์ (Sampson, Grooms, & Walker, 2011)

ครูจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทำให้นักเรียนเข้าใจถึงความสำคัญของข้อกล่าวอ้างที่ดีเพราะในวิทยาศาสตร์นั้นบางข้อโต้แย้งดีกว่าข้อโต้แย้งอื่น ความสำคัญในแง่วิทยาศาสตร์และข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการประเมินองค์ประกอบต่างๆของข้อโต้แย้งที่เสนอโดยผู้อื่น ดังนั้นกรอบที่ให้มาตามภาพ 2.2 นี้มีเกณฑ์อยู่ 2 ประเภทที่นักเรียนควรใช้เพื่อการประเมินข้อโต้แย้งในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ เกณฑ์ทางปฏิบัติ และเกณฑ์ทางทฤษฎี (Grooms et al., 2016)

เกณฑ์ทางปฏิบัติประกอบด้วย

- 1) ข้อกล่าวอ้างเหมาะสมกับทุกหลักฐานที่มีอยู่แค่ไหน
- 2) ความเพียงพอของหลักฐาน
- 3) คุณภาพของหลักฐาน
- 4) ความเหมาะสมของกระบวนการที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 5) ความเหมาะสมของกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 6) เกณฑ์ทางทฤษฎีนั้นอ้างอิงจากมาตรฐานที่สำคัญในวิทยาศาสตร์ แต่ไม่เป็นที่ประจักษ์ในธรรมชาติ: ตัวอย่างของเกณฑ์เหล่านี้คือ
  - 7) ความเพียงพอของข้อกล่าวอ้าง (เช่น ประกอบไปด้วยทุกสิ่งที่จำเป็นหรือเปล่า)
  - 8) ประโยชน์ของข้อกล่าวอ้าง (เช่น สามารถใช้ต่อยอดไปยังการสืบสอบครั้งใหม่หรือทำให้เข้าใจปรากฏการณ์ได้หรือเปล่า)
  - 9) ความสม่าเสมอของข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลในรูปแบบที่ผู้อื่นยอมรับในทางทฤษฎี, กฎ หรือแบบจำลอง

### วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเปลี่ยนแปลงจากกฎหนึ่งไปสู่อีกกฎหนึ่ง ความแปรปรวนนี้เป็นผลจากความแตกต่างในประเภทของการสืบสวนปรากฏการณ์, สิ่งที่ยอมรับในการสืบสอบ(เช่น การเรียนแบบบรรยาย, การทดลอง, แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์) และการเหนี่ยวนำด้วยทฤษฎีธรรมชาติของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ มันจึงสำคัญมากที่จะตระหนักว่าข้อโต้แย้งที่ถือว่ามีคุณภาพในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ กฎระเบียบและรูปแบบการคิดแบบพึ่งพา (field-dependent)

และเพื่อดำเนินกิจกรรมให้การวิจารณ์และปรับแต่งของข้อโต้แย้งขั้นต้นต่อเนื่องไปสู่ขั้นตอนต่อไปของ ADI นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องสร้างข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองโดยให้กลุ่มอื่นสามารถเข้าใจได้ง่ายและชัดเจน ซึ่งแนะนำให้ใช้ whiteboard ขนาด 2x3 นิ้ว หรือกระดาษแผ่นใหญ่โดยจัดรูปแบบตามภาพ 4 และตัวอย่างของข้อโต้แย้งที่นักเรียนสร้างขึ้นแสดงในภาพ 5 ซึ่งนักเรียนสามารถใช้โปรแกรมนำเสนอต่างๆช่วยในการนำเสนอได้

คำถามชี้นำ :	
ข้อกล่าวอ้างของกลุ่ม :	
หลักฐานของกลุ่ม :	การให้เหตุผลของหลักฐาน :

ภาพ 4 ส่วนประกอบของข้อโต้แย้งที่จัดบน whiteboard

ที่มา: Grooms et al., 2016

Question: Which of these Patients could have Cancer?  
 Claim: Slide two is an example of a cancer patient.

Evidence

Cell Type	Total Cell	Cell's in Mitosis	% of Cells in Mitosis
Onion	376	34	9%
Parascarium	36	4	11%
Pat. 1	432	56	12%
Pat. 2	331	69	20%

Justification:

1. Most cells spend their time in interphase
2. If that is the case, we can infer that only a small % of healthy cells are in mitosis
3. After evaluating 2 different normal samples of healthy cells, we saw a 9% & 11% concentration of cells in Mitosis.
4. Patient 1 had a 12% Mitosis rate, consistent w/ healthy cells, Patient 2 had double of the % of Mitosis rate.
5. Therefore, since we know cancer cells are the result of unchecked Mitosis, then Patient 2 would be the most probable candidate for cancer.

ภาพ 5 ตัวอย่างข้อโต้แย้งที่นักเรียนสร้างขึ้นบน whiteboard

ที่มา: Grooms et al., 2016

จากภาพ 5 สามารถแปลเป็นภาษาไทยได้ดังนี้

คำถาม: ผู้ป่วยคนใดที่เป็นโรคมะเร็ง

ข้อกล่าวอ้าง: ผู้ป่วยคนที่ 2 เป็นโรคมะเร็ง

หลักฐาน:

ชนิดของเซลล์	เซลล์ทั้งหมด	จำนวนเซลล์ในไมโทซิส	ร้อยละของเซลล์ในไมโทซิส
หัวหอม	376	34	9
พยาธิไส้เดือน	36	4	11
ผู้ป่วยคนที่ 1	432	56	12
ผู้ป่วยคนที่ 2	331	69	20

การอ้างเหตุผล:

1. เซลล์ส่วนใหญ่จะใช้เวลาในขั้นอินเตอร์เฟส
2. มีร้อยละของจำนวนเซลล์ที่แข็งแรงในขั้นไมโทซิน้อยมาก

3. จากการสำรวจตัวอย่างของเซลล์ปกติแล้ว พบว่าเซลล์ในชั้นไมโทซิส มีร้อยละ 9 และร้อยละ 11
4. ผู้ป่วยคนที่ 1 มีเซลล์ในชั้นไมโทซิส ร้อยละ 12 ซึ่งรวมเซลล์ที่แข็งแรงเข้าไปด้วย ในขณะที่ผู้ป่วย 2 มีจำนวนร้อยละเป็น 2 เท่าของผู้ป่วยหนึ่ง
5. จากที่เรารู้ว่ามะเร็ง คือ ผลจากการแบ่งเซลล์ในชั้นไมโทซิส เพราะฉะนั้นผู้ป่วยคนที่ 2 จึงมีความเป็นไปได้ที่จะป่วยเป็นโรคมะเร็ง

เจตนาของขั้นตอนนี้คือต้องการให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มมีโอกาสสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เห็น หรือสิ่งที่ทำระหว่างการสืบสวน นักเรียนจะได้ทำงานร่วมกันระหว่างการสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น พวกเขาจะพูดคุยกัน หาทางวิเคราะห์ข้อมูลและแนวทางการแปลผลข้อมูลที่ดีที่สุด พวกเขาต้องตัดสินใจหากข้อมูลที่ต่อวิเคราะห์หรือแปลผลเกี่ยวข้องกับข้อโต้แย้งของพวกเขา นั่นเพียงพอและน่าเชื่อถือพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของพวกเขา ในส่วนนี้กลุ่มของนักเรียนจะประเมินความคิดและคัดข้อกล่าวอ้างที่ไม่เกี่ยวข้อง, ไม่เหมาะสมกับหลักฐานที่มี หรือมีความขัดแย้งออกไป (Walker, & Sampson, 2013)

ในขั้นที่ 3 นี้จะเป็นการทำทนายสำหรับนักเรียนเนื่องจากพวกเขาไม่ค่อยได้ถูกถามถึงความสมเหตุสมผลของปรากฏการณ์จากข้อมูลดิบ ดังนั้นสิ่งสำคัญคือครูต้องกระตุ้นหรือรื้อฟื้นในการช่วยสนับสนุน คอยตรวจดูทุกกลุ่ม ทำตัวเป็นทนายกรบุคคลแก่นักเรียน ถามคำถามกระตุ้นให้เกิดการคิดว่าทำไมถึงทำและทำไม เพื่อช่วยให้นักเรียนจดจำจุดประสงค์ของกิจกรรมควรถามว่า คุณกำลังพยายามหาอะไรอยู่ เพื่อส่งเสริมให้พวกเขาคิดเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องครูถามว่าทำไมข้อมูลนั้นจึงสำคัญ เพื่อช่วยให้พวกเขาจดจำการใช้เกณฑ์ที่แม่นยำในการประเมินข้อดีของความคิดขั้นต้นนั้นๆ ครูถามว่าสิ่งที่ได้มานั้นเหมาะสมกับข้อมูลทั้งหมดหรือมีอะไรที่รู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์บ้าง ตอนเริ่มต้นของการจัดการเรียนรู้ นักเรียนพยายามที่จะพัฒนาข้อโต้แย้งและเชื่อในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ความน่าเชื่อถือ (ฟังดูเข้าท่าดีสำหรับฉัน) หรือเหมาะสม โดยมีประสบการณ์ส่วนตัว(ฉันเคยเห็นในทีวีครั้งหนึ่ง)เมื่อพวกเขาพยายามหาความสมเหตุสมผลของข้อมูลของพวกเขา อย่างไรก็ตามหากได้รับการฝึกฝนที่เพียงพอนักเรียนจะพัฒนาทักษะของพวกเขาได้ (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012)

#### ขั้นที่ 4 การโต้แย้ง

ในขั้นนี้แต่ละกลุ่มจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประเมิน และแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนร่วมกับกลุ่มอื่น โดยขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย 3 เหตุผล คือ

1. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์(เช่นโต้แย้งจากหลักฐาน) เป็นการกระทำที่สำคัญในวิทยาศาสตร์เพราะว่าคำติชมและแนวทางแก้ไขจะทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

2. งานวิจัยระบุว่านักเรียนเรียนรู้เนื้อหาได้มากขึ้นและพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์ให้ดีขึ้นเมื่อพวกเขาได้นำเสนอความคิดต่างๆ ได้ตอบสนองต่อคำถามและแข่งขันกับนักเรียนคนอื่น และได้ประเมินประโยชน์ของแนวคิด (Committee on Science Learning, 2007; National Research Council, 2012)

3. นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแยกแยะระหว่างความคิดที่ใช้เกณฑ์ประเมินเชิงวิทยาศาสตร์ที่แม่นยำและการพัฒนาพฤติกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองระหว่างช่วงโต้แย้ง

ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้คือต้องการให้นักเรียนเรียนรู้จากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามการสนับสนุนและส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนในห้องเรียนเป็นสิ่งที่ยากเพราะว่าการโต้แย้งจากหลักฐานเป็นสิ่งที่แปลกใหม่สำหรับนักเรียนส่วนใหญ่เมื่อเริ่มต้นใน ADI เพื่อเป็นการช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์นักเรียนจะต้องสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นกลางที่ทุกคนสามารถเห็นได้ลงบน whiteboard กระดาษ หรือสไลด์ ซึ่งตรงนี้นักเรียนจะให้ความสนใจไปที่การประเมินหลักฐานและแก่นความคิดที่ให้เหตุผลแก่หลักฐานมากกว่าการลงมือกับแหล่งที่มาของความคิดในผลลัพธ์ของวิธีการนี้จะทำให้เกิดการอภิปรายที่มีประสิทธิผลและทำให้นักเรียนกำหนดหรือคัดแนวคิดที่ผิดออกได้อย่างง่ายดาย ครูควรที่จะอธิบายในการโต้แย้งเพื่อเป็นโอกาสที่นักเรียนจะได้ร่วมมือกับผู้อื่นและได้รับผลสะท้อนกลับมาจากผู้อื่น ดังนั้นเป้าหมายของการโต้แย้งคือการปรับปรุงแก้ไข มากกว่าการหาว่าใครถูกหรือผิด (Sampson, Grooms, & Walker, 2009a)

ครูควรใช้กลวิธีการสอน Gallery walk ในการสอนเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนจะยังอยู่ในการโต้แย้ง เพราะนักเรียน 1 ถึง 2 คนจะประจำอยู่ที่งานของกลุ่มตนเองคอยแสดงแนวคิดของกลุ่มแก่สมาชิกกลุ่มอื่นที่เข้ามารับฟัง และขอแนะนำให้นักเรียนที่เข้ารับฟังทำการติชมข้อโต้แย้งของกลุ่มต่างๆอย่างน้อย 3 กลุ่ม ส่วนเจ้าของกลุ่มก็ทำการบันทึกคำติชมและคำแนะนำจากเพื่อนร่วมห้องเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเอง (Sampson, & Gleim, 2009)

ในขั้นตอนนี้สิ่งที่สำคัญคือครูมีส่วนร่วมในการอภิปรายการโต้แย้งแต่ครูจะต้องไม่ใช่ผู้นำและในระหว่างการเรียนการสอนครูควรที่จะเดินสำรวจแต่ละกลุ่มเพื่อให้นักเรียนอยู่กับงานของตนเองโดยครูสามารถถามผู้นำเสนอด้วยคำถามเช่น คุณวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่อย่างไรหรือข้อมูลตรงไหนที่ไม่เหมาะสมกับข้อกล่าวอ้างของคุณ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนใช้เกณฑ์ทางปฏิบัติในการประเมินคุณภาพของการโต้แย้ง ครูยังสามารถถามผู้รายงานให้อธิบายข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนว่าเหมาะสมตามหลักทฤษฎีหรือไม่ หรือทำไมหลักฐานที่พวกเขาใช้จึงสำคัญ

นอกจากนี้ครูยังสามารถถามนักเรียนที่เข้ารับฟังการนำเสนอได้ว่า คุณคิดว่าการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ถูกต้องไหม หรือ คุณคิดว่าการแปลผลของพวกเขาเป็นอย่างไรบ้าง คำถามเหล่านี้จะทำให้นักเรียนใช้เกณฑ์ทั้ง 2 ในการประเมินการโต้แย้งระหว่างการอภิปราย ในภาพรวมของขั้นนี้คือต้องการให้นักเรียนรู้ว่าพวกเขาารู้ได้อย่างไร มีอะไรบ้างที่พวกเขาไม่รู้ และทำไมบางข้อกล่าวอ้างจึงถูกต้องและยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่ใช่สิ่งที่จะบอกว่าแต่ละคนถูกหรือผิด (Sampson, Grooms, & Walker, 2009b)

ในส่วนสุดท้ายของช่วงโต้แย้ง สิ่งสำคัญคือต้องใช้เวลาแก่นักเรียนในการกลับมาอภิปรายกับกลุ่มของตนเองหลังจากที่ได้ออกไปรับฟังความคิดจากกลุ่มอื่นมาเพื่อแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนเอง กระบวนการนี้จึงเริ่มจากผู้นำเสนอแบ่งปันคำติชมและข้อเสนอแนะที่ได้รับมา หลังจากนั้นจึงเป็นนักเรียนที่ไปเยี่ยมชมกลุ่มต่างๆ นำเสนอข้อดีของแต่ละกลุ่มที่พบมาเพื่อสร้างข้อโต้แย้งที่ดีกว่าเดิมขึ้น ถ้าหากว่านักเรียนเกิดความผิดพลาดในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากในขั้นที่ 2 ครูควรที่จะกระตุ้นให้นักเรียนทำการรวบรวมข้อมูลใหม่อีกครั้งหรือทำการวิเคราะห์ข้อมูลซ้ำว่าข้อมูลที่มีมีความจำเป็นหรือไม่ และในท้ายที่สุดทุกกลุ่มจะต้องมีข้อโต้แย้งที่ดีกว่าข้อโต้แย้งแรกที่ทำขึ้น (Sampson, Grooms, & Walker, 2010)

### **ขั้นที่ 5 การกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน**

ครูควรเป็นผู้นำในการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อนในขั้นตอนนี้ เจตนาของการอภิปรายคือให้นักเรียนได้มีโอกาสได้คิดและแบ่งปันเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ การนำขั้นตอนนี้ไปใช้ในห้องเรียนครูจะต้องแน่ใจว่านักเรียนทุกคนเข้าใจแนวคิดหลักที่เป็นหัวใจในการสืบสวนและต้องช่วยให้นักเรียนคิดหาทางปรับปรุงการมีส่วนร่วมในการทำงานเชิงวิทยาศาสตร์ของพวกเขา เช่นการวางแผน การดำเนินการสืบสวน การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล และการโต้แย้งจากหลักฐาน สำหรับในแบบจำลองการสอนนี้ครูควรที่จะอภิปราย 1 หรือ 2 ครั้งสำหรับมโนทัศน์เชื่อมโยงที่เกี่ยวข้อง และอีก 1 หรือ 2 ครั้งในแง่ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

ครูผู้สอนด้วยรูปแบบนี้ควรเข้าใจว่าการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อนไม่ใช่การบรรยาย แต่เป็นโอกาสสำหรับนักเรียนที่จะได้คิดเกี่ยวกับแนวคิดสำคัญ ลงมือปฏิบัติและแบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้มาหรือสิ่งที่ไม่เข้าใจจากการพูดคุยกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน หากว่านักเรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนกันมากก็จะมีประโยชน์ต่อการทดลองของพวกเขาเช่นกัน ครูควรที่จะเริ่มการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อนโดยถามให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่พวกเขาไม่รู้เกี่ยวกับแนวคิดหลักที่เป็นหัวใจของการทดลอง(แนวคิดหลักสามารถหาได้จากบทนำ

ในเอกสารการทดลองที่ครูแจกให้นักเรียน) ครูจะต้องมั่นใจว่านักเรียนคิดเกี่ยวกับแนวคิดหลักที่จะช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ภายใต้การสืบสวนและวิธีการใช้แนวคิดเพื่อตัดสินหลักฐานในการโต้แย้ง ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์จากการสืบสอบแต่ครูไม่ควรที่จะบอกผลลัพธ์แก่นักเรียนโดยตรงหรือข้อมูลที่เป็นส่วนการโต้แย้งแก่เด็ก โดยครูควรเน้นไปที่การทำให้ นักเรียนทุกคนในชั้นเข้าใจเนื้อหาโดยมอบบริบทแก่นักเรียนให้อธิบายแนวคิดของตนออกมา (Sampson, Grooms, & Walker, 2011)

นักเรียนจะถูกคาดหวังให้ออกแบบการสืบสวนของตนเองระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง รวมทั้งเลือกวิธีวิเคราะห์ แปรผลข้อมูล และหาข้อสนับสนุนแก่วิธีการอ้างจากหลักฐาน สิ่งที่สำคัญคือนักเรียนไม่ได้ถูกคาดหวังให้เชี่ยวชาญในเรื่องที่ทำ พวกเขามีโอกาสที่จะลองผิดลองถูกและเรียนรู้จากข้อผิดพลาดของเขา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้จากข้อผิดพลาดของตน นักเรียนควรมีโอกาสได้รับการสะท้อนถึงสิ่งที่ทำได้ดีหรือผิดในระหว่างการสืบสวน นอกจากนี้ในส่วนของ การกระจำ มโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อนครูควรกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนวิธีการที่พวกเขาออกแบบในการสืบสวน วิเคราะห์แปรผลข้อมูล และข้อโต้แย้งจากหลักฐาน และสิ่งที่ต้องการจะปรับปรุงในอนาคต เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ขอแนะนำให้ถามนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้

1. จุดแข็งของการสืบสอบของคุณคืออะไร และทำอะไรให้เป็นเชิงวิทยาศาสตร์
2. จุดอ่อนของการสืบสอบของคุณคืออะไร และทำอะไรให้เป็นเชิงวิทยาศาสตร์
3. ถ้าหากคุณสามารถสืบสอบอีกครั้งคุณจะทำอะไรเพื่อแก้ไขจุดอ่อนในการสืบสอบของคุณ และคุณจะทำอะไรเพื่อให้เป็นเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น

โดยจะมีสองคำถามเพิ่มเติมที่ถูถามในปฏิบัติการเพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบเองคือ “คุณจะสามารถออกแบบการทดลองให้บรรลุจุดประสงค์ได้หรือไม่” และ “คุณจะมีใจได้อย่างไรว่าผลการทดลองจะสัมพันธ์กับตัวแปรที่ได้ออกแบบไว้” ครูควรที่จะให้นักเรียนตอบสนองต่อคำถามเหล่านี้ทั้งหมดโดยมีคำถามหลักคืออะไรที่เป็นและไม่เป็นคุณภาพหรือความแม่นยำในทางวิทยาศาสตร์และให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีที่จะพัฒนา การให้ผลสะท้อนระหว่างการกระจำ มโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อนจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาศักยภาพในการออกแบบและดำเนินการสำรวจเป็นอย่างมาก รวมไปถึงการวิเคราะห์และแปรข้อมูล และการโต้แย้งจากหลักฐาน (Grooms et al., 2016)

ขั้นตอนต่อไปครูควรที่จะอภิปราย 1 หรือ 2 มโนทัศน์เชื่อมโยง โดยใช้สิ่งที่นักเรียนได้รับจากการสำรวจเพื่อแสดงให้เห็นว่ามโนทัศน์เหล่านี้สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์



ทางธรรมชาติได้อย่างไร ตัวอย่างเช่น ครูจะตัดสินใจเลือกพูดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่าง และฟังก์ชันหรือความสำคัญของการติดตามการไหลของพลังงานหรืออะไรก็ตามในระบบ ครูจำเป็นต้องเน้นแนวคิดเหล่านี้ในการกระจ่ายเนื้อหาและกระตุ้นนักเรียนให้สะท้อนแนวคิด ในเนื้อหากว้างๆก่อนที่นักเรียนจะเริ่มใช้พวกมันเพื่อทำความเข้าใจโลกรอบตัว หากไม่มีการเน้น จุดสำคัญเหล่านี้ นักเรียนจะไม่เรียนรู้คุณค่าของมโนทัศน์เชื่อมโยงในการอธิบายธรรมชาติ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการอภิปรายความสำคัญของแนวคิดเหล่านี้ซ้ำหลายครั้งก่อนที่จะได้นำไปใช้ในการสำรวจในอนาคต

ครูควรจับขึ้นนี้ของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบแบบมีข้อโต้แย้งด้วยการอภิปราย กระจ่ายมโนทัศน์ 1 หรือ 2 จุดมุ่งหมายในธรรมชาติและและการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สร้างจากการสำรวจของตัวนักเรียนเองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแนวคิด ตัวอย่างสิ่งที่ครูควรทำ เช่น

- 1) ความหลากหลายของกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเก็บข้อมูล
- 2) สิ่งใดที่นับว่าเป็นและไม่เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์
- 3) วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องเปิดใจยอมรับการเปลี่ยนแปลงเมื่อเจอกับหลักฐานใหม่
- 4) บทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการระหว่างการสำรวจ

ครูจะเปรียบเทียบและเทียบเคียงการสำรวจและการอ้างถึง ข้อมูลและหลักฐาน ข้อมูล คุณภาพและข้อมูลปริมาณ หรือ ทฤษฎีและกฎ ในขั้นนี้ให้โอกาสทองในการสร้างความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ความรู้เหล่านี้ได้ถูกพัฒนาตลอดเวลา ในเชิงบริบทที่มีคุณค่ากับนักเรียน จากงานวิจัยได้แนะนำว่านักเรียนจะพัฒนาความรู้ความเข้าใจที่เหมาะสมเกี่ยวกับธรรมชาติและและการทดลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อครูอภิปรายเนื้อหาแนวคิด ด้วยวิธีการกระจ่ายเพียงเท่านั้น (Sampson, Grooms, & Walker, 2010)

### ขั้นที่ 6 เขียนผลการสำรวจ

ขั้นที่ 6 เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วย กลวิธีการโต้แย้งเพราะว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญในการกระทำทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ จะต้องสามารถอ่านและเข้าใจงานเขียนของผู้อื่นและสามารถประเมินคุณค่าของงานเขียนนั้นได้ พวกเขาจะต้องสามารถที่จะแบ่งปันผลการทดลองของตนผ่านการเขียนด้วย นอกจากนั้นแล้ว การเขียนจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการลำดับความคิดให้กระชับชัดเจน เสริมสร้างการรู้คิด และพัฒนาความเข้าใจด้านเนื้อหาของนักเรียน สุดท้ายแล้วในส่วนที่น่าจะสำคัญที่สุด การเขียน

จะช่วยทำให้ความคิดของนักเรียนแต่ละคนออกมาเป็นรูปธรรมทำให้ครูสามารถจะทำการวัดผลได้ และทำให้ครูสามารถที่จะให้คำแนะนำเพื่อการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องการได้

ในขั้นที่ 6 นักเรียนแต่ละคนจะต้องเขียนผลการสำรวจทดลองแยกรายบุคคล โดยใช้ข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเอง โดยรายงานควรที่จะเน้น 3 คำถามพื้นฐานดังต่อไปนี้

- 1) คำถามที่พยายามจะตอบคือคำถามอะไรและทำไมจึงต้องหาคำตอบ
- 2) ตอบคำถามนั้นว่าอะไรและทำไมจึงตอบอย่างนั้น
- 3) ข้อโต้แย้งของคุณคืออะไร

ครูควรที่จะกระตุ้นนักเรียนให้ใช้ตารางหรือกราฟเพื่อช่วยจัดกลุ่มหลักฐานและให้นักเรียนเป็นคนอ้างอิงข้อมูลเหล่านี้ลงในรายงาน ขั้นที่ 6 นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะจะเป็นการให้นักเรียนได้เรียนรู้ในด้านการสร้างคำอธิบาย การถกเถียงด้วยหลักฐาน และการสื่อสารข้อมูล มันยังช่วยพัฒนานักเรียนในด้านทักษะการเขียนอย่างเป็นทางการ การเขียนผลการทดลองสามารถทำได้ทั้งในคาบเรียนหรือสั่งให้ทำเป็นการบ้าน (Grooms et al., 2016)

รูปแบบการเขียนรายงานการทดลองจะถูกออกแบบโดยเน้นการเขียนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เชิงโน้มน้าวและช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีที่จะสื่อสารหลายรูปแบบ (ข้อความ รูปภาพ ตาราง และสมการ) รูปแบบคำถามพื้นฐาน 3 ข้อถูกจัดลำดับไว้เป็นอย่างดีตามส่วนประกอบของผลการทดลองแบบดั้งเดิม เช่น บทนำ กระบวนการ ผล และการอภิปราย แต่ยังคงอนุญาตให้นักเรียนได้เห็นความสำคัญของบทบาทในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่จะแนะนำให้ครูทำคือ การจำกัดความยาวของผลการทดลองให้ไม่เกินหนึ่งหรือสองหน้ากระดาษ การจำกัดความยาวของรายงานจะกระตุ้นนักเรียนให้เขียนอย่างชัดเจนและตรงประเด็น เพราะมีพื้นที่ให้เขียนนอกประเด็นเพียงนิดเดียวเท่านั้น การจำกัดนี้มีผลมากกว่าแค่ความยาวของรายงานการทดลองเท่านั้น แต่ยังสามารถที่ดีไปยังขั้นถัดไปอีกด้วย (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012)

### ขั้นที่ 7 การสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน

ในขั้นที่ 7 นักเรียนแต่ละคนจะต้องส่งสำเนารายงานผลการทดลอง 2-3 ฉบับ โดยที่ไม่เขียนชื่อลงในรายงานแต่จะใช้ตัวเลขเพื่อระบุตัวตนให้เป็นนิรนาม เป้าหมายเพื่อให้มั่นใจได้ว่าการวิจารณ์จะถูกตัดสินจากแนวคิดที่ได้เสนอออกมาไม่ใช่ตัวบุคคลที่ได้นำเสนอแนวคิดนั้น

โดย Grooms et al. (2016) แนะนำให้ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละสามคน โดยกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มเดียวกันหรือคนละกลุ่มในชั้น 1-4 ก็ได้ แต่ละกลุ่มจะได้รับชุดรายงาน 2-3 สำเนาที่เขียนมาโดยนักเรียนคนเดียว และคู่มือการวิจารณ์ แต่ละกลุ่มจะต้องวิจารณ์ชุดรายงานเป็นกลุ่ม โดยใช้คู่มือการวิจารณ์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยเกณฑ์เฉพาะที่ใช้ภายในกลุ่มเพื่อร่วมกัน

ประเมินคุณภาพในแต่ละส่วนของรายงานการสำรวจ รวมไปถึงโครงสร้างรูปประโยคด้วย และยังเปิดโอกาสให้ผู้วิจารณ์ได้เขียนผลสะท้อนให้ผู้เขียนถึงวิธีการพัฒนารายงาน เมื่อแต่ละกลุ่มเสร็จสิ้นการวิจารณ์รายงาน พวกเขาจะได้รับชุดรายงานใหม่ โดยที่แต่ละกลุ่มจะต้องวิจารณ์ชุดรายงานที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ชุดในขั้นนี้

เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มจัดกลุ่มเป็นกลุ่มละสามคน พวกเขาจะได้วิจารณ์ชุดรายงานเพียงแค่ 3 ชุด โดยใช้เวลาสำหรับแต่ละชุด 15 นาที (แนะนำให้ใช้นาฬิกาจับเวลาเพื่อจัดการเรื่องเวลา) เมื่อนักเรียนได้แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มละสามคนและมีเวลา 15 นาทีที่จะวิจารณ์แต่ละชุดรายงาน เวลาที่จะต้องใช้ในการวิจารณ์ก็ใช้เวลาทั้งหมด 1 คาบ (50 นาที) รายงานชุดละ 15 นาที 3 ชุด  $15 \times 3 = 45$  นาที

การวิจารณ์แต่ละรายงานเป็นกลุ่มเป็นส่วนสำคัญของการทบทวนโดยผู้รู้เสมอ เพราะเป็นการให้บทความแก่นักเรียนได้อภิปรายสิ่งที่ใช้วัดคุณภาพหรือสภาพการยอมรับได้ของงาน และพยายามโน้มน้าวให้คนในกลุ่มเห็นสอดคล้องกัน กระบวนการดังกล่าวจะช่วยป้องกันไม่ให้นักเรียนทำตามเกณฑ์ในคู่มือการวิจารณ์อย่างเดียวโดยไม่พิจารณาถึงใจความในรายงาน และมันยังจำเป็นสำหรับนักเรียนที่จะให้ผลสะท้อนที่สร้างสรรค์และเฉพาะเจาะจงแก่ผู้เขียน เมื่อมีการเขียนที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานที่ได้เขียนไว้ในคู่มือการวิจารณ์ กระบวนการทบทวนโดยผู้รู้เสมอทำให้โอกาสนักเรียนในการอ่านตัวอย่างรายงานที่ดีและไม่ดี ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใหม่ในการจัดการและแสดงผลข้อมูล ที่จะช่วยพัฒนาการเขียนของพวกเขาให้ดีขึ้นในการเขียนครั้งต่อไป

ขั้นนี้ของโมเดลยังช่วยให้นักเรียนได้เพิ่มโอกาสในการพัฒนาทักษะการอ่านที่จำเป็นต่อความสำเร็จในด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องสามารถอธิบายแนวคิดหลักหรือข้อสรุปของบทความและอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ คำสำคัญ และคำศัพท์เฉพาะได้ นอกจากนั้นแล้วนักเรียนจะต้องสามารถที่จะประเมินเหตุผลและหลักฐานที่ผู้เขียนกล่าวถึงในรายงานเพื่อสนับสนุนความคิดของพวกเขา และประเมินเมื่อพวกเขาอ่านบทความทางวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบหรือเทียบเคียงสิ่งที่ค้นพบในบทความจากแหล่งที่มา นักเรียนจะสามารถพัฒนาทักษะเหล่านี้ได้ไปพร้อมกับการอ่านอย่างเป็นระบบที่ค้นพบโดย CCSS ELA เมื่อพวกเขาต้องอ่านและวิจารณ์รายงานที่ถูกเขียนโดยเพื่อนร่วมห้อง (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012)

### ขั้นที่ 8 ทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน

ขั้นสุดท้ายในโมเดลรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งคือการทบทวนแก้ไขรายงานตามคำแนะนำที่ได้ให้ไว้ในขั้นที่ 7 หากรายงานผ่านเกณฑ์

ทุกอย่างนักเรียนสามารถส่งรายงานฉบับดั้งเดิมที่ส่งไปให้วิจารณ์ได้เลยและแนบผลการวิจารณ์ไปด้วย รวมถึงแก้ไขเลขที่ได้กำหนดไว้ให้เป็นชื่อของนักเรียน หากรายงานนั้นถูกยอมรับให้คงเนื้อความไว้ได้โดยกลุ่มของผู้วิจารณ์ นักเรียนมีสิทธิ์ที่จะสามารถเพิ่มเติมสิ่งที่น่าสนใจลงในรายงานจากการที่กลุ่มของตนได้ไปวิจารณ์งานผู้อื่น (Sampson, Grooms, & Walker, 2010)

หากรายงานนั้นไม่สามารถยอมรับได้โดยกลุ่มของผู้วิจารณ์ ผู้เขียนจะต้องแก้งานของตนโดยใช้ผลสะท้อนและคำแนะนำจากกลุ่มผู้วิจารณ์เป็นแนวทาง เมื่อรายงานได้ถูกทบทวนแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ก็จะส่งให้ครูทั้งฉบับดั้งเดิมและฉบับที่แก้ไขแล้ว รวมถึงแนบผลการวิจารณ์ไปด้วย ผู้เขียนจะต้องอธิบายส่วนที่พวกเขาได้ทำการแก้ไขแต่ละส่วนของรายงานตามคำแนะนำของกลุ่มผู้วิจารณ์ หรืออธิบายว่าทำไมถึงไม่แก้ตามคำแนะนำลงในใบการตอบสนองต่อผู้วิจารณ์ จากนั้นครูจะให้คะแนนใบผลการวิจารณ์และนำคะแนนไปประมวลผลเป็นเกรดต่อไป (Walker, & Sampson, 2013)

ในขั้นนี้จะให้โอกาสนักเรียนได้พัฒนาโครงสร้างรูปประโยคและพัฒนาการให้เหตุผลและความเข้าใจในเนื้อหา ขั้นนี้ยังช่วยให้ให้นักเรียนใช้ประโยชน์ของการลดความกดดันทางการเรียน โดยการให้นักเรียนมีโอกาสแก้ไขผลงานครั้งสุดท้ายก่อนที่จะนำไปส่งเพื่อให้ได้เกรดที่ดีขึ้น (Grooms et al., 2016)

### **บทบาทของครูระหว่างการสืบสอบแบบมีข้อโต้แย้ง**

หากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทำได้อย่างถูกต้อง การเรียนรู้ของนักเรียนก็จะถูกพัฒนามากขึ้น บทบาทของครูระหว่างปฏิบัติการในการเรียนการสอนแบบนี้จะแตกต่างจากบทบาทของครูในการทำปฏิบัติการแบบปกติ ครูต้องทำตัวเปรียบเสมือนแหล่งความรู้ให้แก่นักเรียน มากกว่าที่จะเป็นผู้บังคับบัญชา ให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือทำในแต่ละขั้นตอนของการเรียนการสอน ครูจะต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักว่าพวกเขากำลังทำอะไร และ ทำไมถึงต้องทำแบบนี้ผ่านการเรียนการสอน การกระตุ้นนี้ควรที่จะมาจากการใช้คำถามนำที่ครูจะถามระหว่างที่เดินตรวจในห้องเรียน เช่น “ทำไมนักเรียนถึงต้องจัดอุปกรณ์ไว้แบบนี้?” หรือ “ข้อมูลอะไรที่นักเรียนต้องการเก็บเพื่อที่จะสามารถนำไปสู่คำตอบของคำถามได้?” (Sampson, Grooms, & Walker, 2010)

ครูต้องไม่บอกหรือแสดงวิธีการที่เหมาะสมในการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ให้นักเรียนได้คิดและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามครูควรที่พยายามทำให้การสำรวจของนักเรียนดำเนินไปอย่างราบรื่น โดยการตรวจสอบอย่างเข้มงวดเพื่อให้ได้วิธีการที่ดีหรือข้อโต้แย้งที่อยู่ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์

สุดท้ายซึ่งอาจจะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของความสำเร็จในกิจกรรมการสืบสอบแบบมีข้อโต้แย้ง ครูต้องปล่อยให้ นักเรียนทดลองและล้มเหลวได้ หลังจากนั้นจึงช่วยให้พวกเขาเรียนรู้จากข้อผิดพลาด ครูควรที่จะไม่ช่วยทำการสำรวจรวมไปถึงการช่วยตรวจผลการทดลองโดยให้วิธีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อที่จะทำให้นักเรียนทำทุกอย่างได้ถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก นักเรียนมักจะเกิดการเรียนรู้มากขึ้นจากกิจกรรมการสืบสอบแบบมีข้อโต้แย้งเมื่อพวกเขาออกแบบกระบวนการเก็บข้อมูลที่ผิดพลาดระหว่างขั้นที่ 2 หรือการวิเคราะห์ผลในทางที่ไม่เหมาะสมในขั้นที่ 3 เพราะเพื่อนร่วมชั้นของพวกเขาจะสามารถหาข้อตำหนิพวกนี้ได้อย่างรวดเร็วในขั้นที่ 4 การโต้แย้งซึ่งจะนำไปสู่ช่วงที่สามารถสอนได้มากขึ้น (Grooms et al., 2016)

### วิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการตาม Kemmis, & Schmuck (n.d. อ้างถึงใน สิริ นภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-152)

#### ความหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการ

จากการค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการได้มีผู้ที่ให้ความหมายไว้หลายท่าน แสดงดังนี้

Kemmis, & McTaggart (1988) ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัย ซึ่งมีความแตกต่างจากวิจัยอื่นๆ ในด้านวิธีการ โดยเป็นการทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองเป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflection) มีขั้นตอนคือ การวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observation) และการสะท้อนผล (reflection) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น โดยมีรายละเอียดดังแสดงในภาพ 6



ภาพ 6 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ที่มา: วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์, 2558

Johnson, & Christensen (2008) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การวิจัยระหว่างการปฏิบัติงาน เพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่ โดยเป็น กระบวนการศึกษาสภาพเป็นจริงของสถานศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถพัฒนา ปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงานได้

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็น การศึกษารวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่ง ข้อสรุปอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานใน ขอบข่ายที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลายๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้น บรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า วิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การวิจัยที่ศึกษาและ แก้ปัญหาในการทำงานของบุคคลในหน่วยงาน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัย

จะต้องวางแผน ทำการปฏิบัติ สังเกต และสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเอง เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข และพัฒนางานของตนเองให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ผู้วิจัยดำเนินการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis, & Schmuck (n.d. อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยเป็นการวิจัยที่ทำโดยครูผู้สอนในชั้นเรียน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน หรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น

### ขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ผู้วิจัยดำเนินการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis, & Schmuck (n.d. อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผน (plan) เป็นขั้นตอนการสร้างและออกแบบการปฏิบัติว่าจะมีลักษณะใด โดยจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่จะใช้ในการปฏิบัติ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในห้องเรียนได้ ในการวางแผนผู้วิจัยจะต้องสำรวจปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของตนที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนไม่ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ มีการวิเคราะห์ปัญหาและตั้งคำถามของการวิจัยเพื่อหาคำตอบ ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาของผู้วิจัยเป็น นวัตกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ กระบวนการหรือสิ่งที่นำมาใช้แล้วสามารถแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ โดยสิ่งที่นำมาใช้นั้นต้องเป็นสิ่งใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้ เทคนิคการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ วิธีการวัดประเมินการเรียนรู้

2. การลงมือปฏิบัติ (action) เป็นการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยครูผู้วิจัยได้นำแผนหรือแนวคิดที่ตนคิดว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้ลงมือปฏิบัติการสอนจริงในห้องเรียน โดยขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นตอนต่อไป คือ การสังเกต โดยครูจะต้องสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่เกิดขึ้นมาประเมินการปฏิบัติของตนเอง ซึ่งการปฏิบัติอาจไม่ได้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ก่อนหน้านี้ทั้งหมด เพราะสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ เวลา และสถานที่จริงที่อาจไม่เหมือนกับที่คาดการณ์ไว้

3. การสังเกต (observe) เป็นการรายงานสิ่งที่เกิดขึ้นในวงรอบ ซึ่งเป็นผลจากการปฏิบัติ โดยการสังเกตครอบคลุมไปถึงวิธีการอื่นๆที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้การสังเกตจะทำให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสะท้อนความคิดที่มีประสิทธิภาพ สิ่งที่เป็นต่อการสังเกต ได้แก่ ความรอบคอบ การเปิดใจให้กว้างเพื่อรับสิ่งใหม่ๆที่จะเกิดขึ้น ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะต้องพยายามสังเกตและเก็บข้อมูลที่เน้นประเด็นที่ตนสนใจศึกษา วิธีการที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

3.1 การสังเกต เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับบริบทกิจกรรม การกระทำ หรือพฤติกรรมบุคคล รวมทั้งมุมมองของบุคคลนั้นด้วย การสังเกตทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ได้ตามสิ่งที่เกิดขึ้นจริง และสามารถได้ข้อมูลที่นักเรียนไม่ต้องการให้สัมภาษณ์ได้

3.2 การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงมุมมอง หรือความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ ได้แก่ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง โดยที่การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง จะมีการกำหนดประเด็นในการสัมภาษณ์ไว้เรียบร้อยแล้วทำให้ได้ข้อมูลจากผู้ถูกสัมภาษณ์หลายคนที่มีความเที่ยงและความตรง และประหยัดเวลาในการสัมภาษณ์ แต่จะขาดความยืดหยุ่นและอาจไม่ทราบความคิดที่แท้จริงของผู้ถูกสัมภาษณ์ ส่วนการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง จะมีความยืดหยุ่นที่มากกว่า โดยผู้วิจัยมีคำถามคร่าวๆ ในประเด็นที่สนใจ แต่เมื่อดำเนินการคำถามอาจไม่เป็นไปตามที่เรียบเรียงไว้ มีการปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ ทั้งนี้อาจทำให้เสียเวลามากกว่าแบบมีโครงสร้าง การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง จะคล้ายกับการสนทนาทั่วไป ซึ่งจะใช้เมื่อผู้วิจัยไม่ทราบข้อมูลใดๆ เกี่ยวกับผู้ถูกสัมภาษณ์ ผู้วิจัยอาจถามคำถามเดียว และให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามอย่างอิสระ คำถามที่ใช้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่รูปแบบนี้อาจต้องใช้เวลา และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ค่อนข้างยาก

3.3 การรวบรวมวิเคราะห์เอกสาร เป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่ใช้เพื่อเติมเต็ม และแก้ไขข้อจำกัดของการสังเกตและการสัมภาษณ์ ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากวัสดุที่เกิดขึ้นจากการเขียน การบันทึกภาพ หรือเสียงที่สัมพันธ์กับการวิจัย ได้แก่ ไดอารี่ ซีวประวัติ แผนการจัดการเรียนรู้ อนุทิน จดหมาย วีดิทัศน์ แฟ้มสะสมงาน บันทึกการเจริญเติบโตของนักเรียน โดยเอกสารที่มีความจำเป็นและสำคัญที่สุดคือ บันทึกหลังสอน ที่จะสะท้อนให้เห็นถึงการจัดกิจกรรมในห้องเรียนที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้รู้ว่าการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และควรมีการปรับปรุงในครั้งต่อไปอย่างไร

3.4 แบบสำรวจหรือแบบวัด เป็นตัวบ่งชี้ว่าผู้เรียนถูกหรือผิด โดยเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตัดสินใจนี้ได้แก่ แบบวัดหลายตัวเลือก (multiple choice) ข้อสอบให้เลือถูกผิด (true-false) แบบวัดเติมคำหรือเขียนตอบ (short answer) ซึ่งข้อมูลถูกผิดนี้ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการวิจัย หากผู้วิจัยต้องการวัดแนวคิดผู้เรียนควรรู้ใช้แบบสำรวจหรือแบบวัดที่เป็นปลายเปิด เพื่อที่จะทราบถึงข้อมูลเชิงลึก

4. การสะท้อนผล (reflect) เป็นการย้อนคิดถึงการปฏิบัติของตนเอง โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะทำความเข้าใจกับกระบวนการ ปัญหา และประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ศึกษา รวมทั้ง



เป็นการเสนอแนวทางสำหรับการปฏิบัติต่อไป เพื่อให้เกิดความเชื่อว่าสิ่งใดช่วยสนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัย และมีการปรับปรุงและพัฒนาในการสอนครั้งต่อไป การสะท้อนความคิดนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อมีการบันทึกหลังสอนและมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างกลุ่มผู้วิจัยด้วยกันเองเพื่อนำไปเป็นพื้นฐานในการปรับปรุง โดยสิ่งที่ต้องบันทึก ได้แก่

4.1 การเรียนการสอนนี้ นักเรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อย่างไร

4.2 การสอนอย่างไรที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และไม่เกิดการเรียนรู้

พร้อมหลักฐาน

4.3 ปัญหาและสาเหตุของปัญหาในการสอนครั้งนี้คืออะไร

4.4 แนวทางการปรับปรุงการสอนในครั้งต่อไป

### ความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

ความน่าเชื่อถือ (Credibility) ของงานวิจัยเชิงคุณภาพ เป็นการแสดงให้เห็นว่าผู้วิจัยได้ออกแบบดำเนินการวิจัยได้ถูกต้อง นำไปสู่การได้ข้อมูลและผลการวิจัยที่ตรงประเด็น (ลีอชาลดาชาติ, 2555) ทำได้หลากหลายวิธี ได้แก่

1. การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) เช่น การใช้เครื่องมือวิจัยมากกว่า 1 ชนิด เก็บข้อมูลชนิดเดียวกัน (Method triangulation) การใช้แหล่งข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง ให้ข้อมูลประเด็นเดียวกัน (Resource triangulation) การมีผู้วิจัยมากกว่า 1 คน มาวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน (Researcher triangulation) การใช้ทฤษฎีมากกว่า 1 ทฤษฎี มาวิเคราะห์ข้อมูล (Theory triangulation) การเก็บข้อมูลวิจัยมากกว่า 1 ช่วงเวลา (Time triangulation) ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบว่าผลลัพธ์ที่ได้จะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. การตรวจสอบกับผู้ให้ข้อมูล (Member checking) เป็นการนำข้อมูลที่บันทึกได้กลับไปให้ผู้ถูกวิจัยยืนยันว่าสิ่งที่ได้จากการบันทึกตรงกับข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น

3. การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer debriefing) เป็นการนำข้อมูลพร้อมผลการวิเคราะห์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกตรวจสอบว่ากระบวนการคิดวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินการถูกต้องตามหลักวิชาการหรือไม่

4. การเข้าไปมีส่วนร่วมหรือการฝังตัวในบริบท สถานการณ์ หรือสิ่งที่ศึกษา เป็นระยะเวลายาวนาน (Prolonged Engagement) เป็นการสร้างความคุ้นเคย ความเข้าใจระหว่างผู้วิจัยกับผู้ให้ข้อมูล ช่วยให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลตรงตามสภาพจริง

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร และบทความในวารสารวิชาการ เพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมทั้งผลการศึกษาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งมีทั้งงานวิจัยต่างประเทศ และในประเทศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

### งานวิจัยต่างประเทศ

Enderle, Grooms, & Sampson (2017) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาพัฒนาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมต้นและมัธยมปลาย 4 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์กายภาพ ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและวิชาชีววิทยา เคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นระยะเวลาหนึ่งปี โดยใช้เครื่องมือวิจัยเป็นการประเมินที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่มี rubric score โดยมีเกณฑ์คะแนนต่ำสุดอยู่ที่ 25 % แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) การประเมินเชิงเนื้อหา เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจและการใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีทั้งหมด 8 ข้อย่อย แต่ละข้อจะเกี่ยวข้องกับแนวคิดหลักของเนื้อหาที่สอน โดยจะมีสถานการณ์มาให้วิเคราะห์แต่ละสถานการณ์จะมีคำถาม 2 ข้อคำถามแรกจะถามให้นักเรียนอธิบายว่าหลักการวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องคืออะไร และคำถามที่สองจะให้นักเรียนอธิบายวิธีการใช้หลักวิทยาศาสตร์ในข้อที่หนึ่งเพื่ออธิบายสถานการณ์ ประเมินโดยใช้ rubric score 2) การประเมินโดยการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดการสร้างและประเมินคำอธิบายและข้อโต้แย้ง มีลักษณะเป็นการเขียนตอบโดยจะให้ความรู้พื้นฐาน ข้อมูล และตารางบันทึกผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์สมมติ ซึ่งสถานการณ์จะนำเสนอข้อโต้แย้งของนักวิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้ให้คำอธิบายที่คลาดเคลื่อนไปจากข้อมูล นักเรียนจะต้องสร้างข้อโต้แย้งของตนเองเพื่อตอบสนองต่อข้อกล่าวอ้าง (คำอธิบาย) ของนักวิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญในสถานการณ์สมมติ โต้แย้งโดยข้อกล่าวอ้างที่สนับสนุนด้วยหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้อ้างไว้ในโจทย์

จากการวิจัยพบว่าด้านความรู้เชิงเนื้อหา พบว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะมีความเข้าใจและทักษะการประยุกต์ใช้ความรู้เชิงเนื้อหาได้ดีกว่าการเรียนรู้อย่างปกติซึ่งในวิชาชีวและฟิสิกส์จะเห็นผลต่างมากที่สุด ด้านการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะมีความสามารถในการสร้างและประเมินคำอธิบายและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่เรียนห้องเรียนปกติ

โดยรวมแล้วจะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถใช้งานได้ดีในการออกแบบห้องเรียนที่ดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้แบบมีความหมายมากกว่าการเรียนแบบปกติ กิจกรรมที่หลากหลายของแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนต้องฝึกฝนทักษะเฉพาะตัวหลายๆด้านผ่านเป้าหมายที่ท้าทาย ซึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ออกแบบการทดลองและสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองเพื่อตอบสนองต่อคำถามนำการทดลอง และยังต้องพัฒนาสมรรถนะในการสร้างคำอธิบาย ประเมินและเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนการเขียนรายงานผลการทดลองและสรุปวิจารณ์รายงานผลการทดลองของเพื่อนในห้อง

Tytler, & Peterson (2003) ทำการสำรวจการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำนวน 14 คน ตลอดระยะเวลา 2 ปีการศึกษา การจัดการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (ประเทศออสเตรเลีย) โดยผู้วิจัยไม่ได้เป็นผู้ทำการสอน เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยดำเนินการสัมภาษณ์ทุกๆ 2 สัปดาห์เพื่อติดตามผลในปีที่หนึ่ง และสัมภาษณ์สองครั้ง (ภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2) ในปีที่ 2 ซึ่งในแต่ละเป้าหมายการเรียนรู้นักเรียนจะได้ทำการสำรวจตรวจสอบนำเสนอแนวคิดและอธิบายด้วยคำพูดของตนเองในชั้นเรียนมาก่อนรอบหนึ่ง จากนั้นถัดไปสองอาทิตย์จะทำการสัมภาษณ์นักเรียนแยกรายบุคคลโดยให้ทำการสำรวจตรวจสอบเหตุการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงหรือประยุกต์ใช้ความรู้จากเหตุการณ์ในชั้นเรียนก่อนหน้า โดยทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 6 เป้าหมายการเรียนรู้ ในแต่ละเป้าหมายจะมุ่งเน้นธรรมชาติและระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อให้สร้างคำอธิบายและคิดว่าหลักฐานใดที่จำเป็นต่อการแยกแยะข้อกล่าวอ้าง ในบางครั้งของการสัมภาษณ์จะมีการนำอุปกรณ์หรือโมเดลที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่จะสัมภาษณ์มาประกอบการสัมภาษณ์

Kant, Scheiter, & Oschatz (2017) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วีดิทัศน์แสดงต้นแบบและการสืบสอบแบบมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ 2 ช่วง โดยกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 107 คน แบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มแรกทำการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบแบบมีเป้าหมายทั้งสองช่วง กลุ่มที่ 2 ใช้การสืบสอบแบบมีเป้าหมายในช่วงที่ 1 และใช้วีดิทัศน์แสดงต้นแบบในช่วงที่ 2 กลุ่มที่ 3 ใช้วีดิทัศน์แสดงต้นแบบในช่วงที่ 1 และใช้การสืบสอบแบบมีเป้าหมายในช่วงที่ 2 กลุ่มที่ 4 ใช้วีดิทัศน์แสดงต้นแบบทั้ง 2 ช่วง ทำการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วงที่ 1, หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วงที่ 2 และหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ทั้งหมด โดยใช้คำถามแบบเลือกตอบและเขียนตอบ โดยมีสถานการณ์เกี่ยวกับการทดลอง กำหนดให้ นักเรียนจะตอบเลือกตัวเลือกตอบที่เป็นเหตุผลในการสรุปผลการทดลอง ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ดีทัศนแสดงต้นแบบก่อนจะมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีกว่าแบบอื่น

Cetin, & Eymur (2017) ได้ทำการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อทักษะการเขียน และการนำเสนอเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดเพราะบทบาทในการโต้แย้งและการสืบสอบสามารถพัฒนาทักษะและความสามารถหลายด้านได้ เก็บข้อมูลโดยใช้การทดสอบ การเขียนข้อโต้แย้ง การประเมินโปสเตอร์ และแบบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการศึกษ พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และการนำเสนอเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งนักเรียนสามารถพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ โครงสร้าง ข้อโต้แย้ง เนื้อหาของข้อโต้แย้ง และโครงสร้างการเขียน โดยที่องค์ประกอบที่พัฒนามากที่สุดคือ เนื้อหาของข้อโต้แย้ง ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีจึงสามารถที่จะเขียน ข้อโต้แย้งที่ดีได้ เนื่องจากองค์ประกอบของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

#### งานวิจัยภายในประเทศ

ลฎาภา สุทธิกุล, และลือชา ลดาชาติ (2556) ได้ทำการวิจัยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้ไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้น การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาก่อน โดยใช้เครื่องมือ การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เป็นรายบุคคล โดยใช้สถานการณ์เป็นคำถามจำนวน 4 ข้อ ทดสอบให้นักเรียนอ่านสถานการณ์และ ตอบคำถามทุกข้อ และบันทึกการสัมภาษณ์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง พบว่า นักเรียนที่ไม่เคย เคยผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนสามารถให้ข้อสรุป ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ กล่าวคือไม่สามารถอธิบายได้ว่าหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของตน

จุฑามาศ นุชิต, และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2554) ได้ทำการศึกษา การจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สืบสอบแบบเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงาราบ โดยใช้ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงา ระนาบ และแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงาราบ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบสอบแบบเปิด ผลการวิจัยด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการทดลอง วิทยาศาสตร์สืบสอบแบบเปิดสนับสนุนให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น แต่ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่าไม่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งอาจเนื่องมาจากในกระบวนการเรียนรู้ยังไม่เน้นให้นักเรียนแต่ละคนได้มีโอกาสสร้างคำอธิบายของตนเองอย่างเพื่อให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อผลปฏิบัติการทดลอง

ประภา สมสุข, และคณะ (2558) ได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ แบบ 213C ที่มุ่งเน้นกระบวนการสร้างองค์ความรู้จากการใช้หลักฐานที่รวบรวมได้จากข้อมูลรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยใช้เหตุผลในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างนั้น และนำไปสู่การลงข้อสรุปด้วยการทำงานเป็นกลุ่ม ภายใต้บริบททางวิทยาศาสตร์และบริบททางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบ การคิด การเขียน การทดลอง การนำเสนอ การโต้เถียง โดยมีเป้าหมายเพื่อตัดสินใจอย่างมีเหตุผลที่จะยอมรับความคิดเห็นหนึ่ง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การนำเข้าสู่ประเด็น 2) กำหนดหัวข้อในการโต้แย้ง 3) เก็บรวบรวมหลักฐาน 4) สร้างการโต้แย้ง 5) สื่อสารคำอธิบายไปยังผู้อื่น ใช้เครื่องมือวิจัยคือ แบบวัดความเข้าใจโน้ตสนธิ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่วิชา ฟิสิกส์ เพื่อวัดว่า ผู้เรียนสามารถจับใจความสำคัญของมโนทัศน์นี้ได้ดีเพียงใดด้วยการอธิบาย เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือกประเมินก่อนและหลังเรียน และใช้เครื่องมือ แบบวัดการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เพื่อวัดความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างและนำไปสู่การลงข้อสรุป เป็นแบบวัดชนิดเขียนตอบในลักษณะความเรียงทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์มีผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุม

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เชษฐ ศิริสวัสดิ์, และเสาวลักษณ์ โรมา (2558) ทำการศึกษา การพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในวิชาเคมีพื้นฐาน เก็บข้อมูลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบ การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษา พบว่า มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีการอภิปรายผลว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น

มีการพัฒนาขึ้นเป็นเพราะ การค้นคว้าหาความรู้ด้วยการรวบรวมข้อเท็จจริงต่างๆที่เกิดขึ้น จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และการทำการทดลอง โดยนักเรียนแสวงหาข้อมูลเพื่อสนับสนุน คำอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้น ซึ่งการที่นักเรียนจะสามารถสรุปข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายได้นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาและเชื่อมโยงข้อมูล โดยให้คำแนะนำว่า ควรจัดกิจกรรมเสริมเพื่อให้นักเรียนได้ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง และใช้ทักษะ ทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่นประกอบกิจกรรมด้วย

ภคพร อิศระ, และอลิศรา ชูชาติ (2558) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบ มีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียน การสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วย วิธีการสอนแบบทั่วไป โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี และ ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และแบบประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยในด้านการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ แบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถใน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ทำการเรียนรู้ ด้วยวิธีทั่วไป

ภัทราวรรณ ไชยมงคล, สกนธ์ชัย ชนะนนันท์, และจินตนา กล้าเทศ. (2560) ดำเนินการ จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ในโรงเรียนสตรีประจำจังหวัดแห่งหนึ่ง ในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบทดสอบความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูล โดยการจำแนกกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ การสำรวจปรากฏการณ์ การพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น การรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ และการลงข้อสรุป โดยวิเคราะห์ ออกเป็น 3 ระดับคือ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยนำผลจากเครื่องมือในการเก็บข้อมูลวิจัยทั้งสอง ชนิดมาหาความน่าเชื่อถือของข้อมูลในภายหลัง ผลการวิจัยจากเครื่องมือทั้งสองชนิดสอดคล้องกัน โดยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อ

พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ นักเรียน  
มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น โดยมีการพัฒนาทุกองค์ประกอบ



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และผลการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดรูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามรูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ของ Kemmis, & Schmuck (n.d. อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557) ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และขั้นสะท้อนผล และใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. บริบทการวิจัย
3. กลุ่มเป้าหมาย
4. เครื่องมือในการวิจัย
5. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการวิจัยตาม Kemmis, & Schmuck (n.d. อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557) ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอนดังนี้

##### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

เริ่มต้นจากที่ผู้วิจัยคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาที่พบเจอในชั้นเรียนและพฤติกรรม การเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้ความรู้ประสบการณ์และศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม



จัดทำเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

### **ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ**

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ได้ศึกษาและออกแบบไว้และนำไปทดสอบ นำไปทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

### **ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต**

ผู้วิจัยตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนทดลองในขั้นที่ 2 เพื่อหาข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้และหาสาเหตุของปัญหาและดำเนินการแก้ไขปัญหอย่างรวดเร็ว โดยครูจะเปิดให้ผู้เรียนกลุ่มเป้าหมายได้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนผล เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือการวิจัยมาวิเคราะห์และนำไปสู่การได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด

### **ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล**

ผู้วิจัยนำผลสรุปที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 การสะท้อนผลตนเองและระดมความคิดกับเพื่อนร่วมงาน เพื่อพิจารณาว่าแนวทางการแก้ไขปัญหสามารถบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ ควรจะปรับวิธีการปฏิบัติอย่างไรให้ผลดีกว่าเดิมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพห้องเรียนมากที่สุด ครูควรตั้งเป้าหมายที่สูงกว่าเดิมถ้าพิจารณาแล้วได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติที่ทำนั้นเหมาะสมกับสภาพจริงแล้ว จากนั้นดำเนินขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้งเพื่อเริ่มเป็นวงจรต่อไป

### **บริบทงานวิจัย**

การวิจัยในครั้งนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ เปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จนถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยภาพรวมแล้วโรงเรียนแห่งนี้เป็นโรงเรียนที่มีความพร้อมในทุกด้านไม่ว่าจะเป็น บุคลากรทางการศึกษา สถานที่เรียน อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และสื่อเทคโนโลยี ที่โรงเรียนได้จัดสรรไว้ให้นักเรียนอย่างครบครัน ห้องปฏิบัติการและห้องเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ขยายเสียงและสื่อเทคโนโลยี และไม่มีเสียงดังรบกวนจากห้องด้านข้าง นักเรียนในโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นนักเรียนชาย มีจำนวนนักเรียนหญิงในโรงเรียนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น มีนักเรียนบางส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การศึกษาของสถานศึกษาที่ต้องเรียนซ้ำชั้นและแก้ศูนย์ทุกเทอม และมีนักเรียนบางส่วนมาจากครอบครัวที่ยากจน ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลกับกลุ่มนักเรียน

เน้นวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนปกติ โดยปกติในการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์จะใช้การบรรยายและการสาธิตการทดลองเป็นหลัก แต่สามารถมีการเรียนปฏิบัติการได้ตามความเหมาะสม

### กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 34 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 33 คน และนักเรียนหญิง 1 คน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มนักเรียน โดยการลดความสามารถโดยอ้างอิงจากผลการเรียนวิชา ฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 1 ของนักเรียนแต่ละคน ออกเป็นจำนวน 8 กลุ่ม ให้แต่ละกลุ่มมีสมาชิก 4-5 คน ซึ่งจะทำการแบ่งกลุ่มตั้งแต่เริ่มต้นภาคเรียนที่ 2 เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความคุ้นเคยในการทำงานร่วมกัน และสำหรับช่วงเวลาในการดำเนินการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจะต้องเรียนกับผู้วิจัย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 2 คาบ เป็นจำนวน 4 คาบต่อสัปดาห์ (คาบละ 55 นาที) แต่เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่มีความสามารถในด้านต่างๆ ซึ่งในช่วงที่ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล มีนักเรียนบางส่วนไม่ได้เข้าร่วมบางวงรอบเพื่อไปทำกิจกรรม ทำให้จำนวนนักเรียนในแต่ละวงรอบมีจำนวนไม่เท่ากัน ซึ่งมีรายละเอียดจำนวนนักเรียนในแต่ละวงรอบดังนี้

การทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม 27 คน
วงรอบที่ 1	จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม 31 คน
วงรอบที่ 2	จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม 28 คน
วงรอบที่ 3	จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม 25 คน
การทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม 30 คน

โดยปกติในการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์จะใช้การบรรยายและการสาธิตการทดลองเป็นหลัก ซึ่งในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนได้เรียนวิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งวิธีการวัดค่าข้อมูลต่างๆ ตามระเบียบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีพื้นฐานความรู้และคุ้นเคยกับเครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนทั้งหมดที่เป็นกลุ่มเป้าหมายไม่เคยเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาก่อนที่จะเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้

### เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 4 เครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานผลการทดลอง

ของนักเรียน โดยแบ่งกลุ่มเครื่องมือออกตามจุดมุ่งหมายในการใช้เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และ ข้อที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1. เครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาใช้สะท้อนผล การจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

#### 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผน รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียนใช้เวลาในการสอน 3 สัปดาห์ ประกอบไปด้วย แผนที่ 1 แสงและการเกิดเงา แผนที่ 2 แสงและการถนอมสายตา และแผนที่ 3 เลนส์บาง ทั้งนี้แผนการจัดการเรียนรู้ไม่ได้ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัด การเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยจะ นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบมาวิเคราะห์ผลเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปใช้ในวงรอบถัดไป

#### 1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน คือผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปีจำนวน 1 ท่าน และผู้วิจัยใช้สะท้อนผล การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อให้ผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการจั ดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดให้บรรยายเกี่ยวกับ ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในแต่ละชั้น ซึ่งมีทั้งหมด 8 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีคำถามย่อย คือ สิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรม พฤติกรรมของ ผู้เรียนและผู้สอนสิ่งที่ควรคงไว้และสิ่งที่ควรแก้ไขในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้ บันทึกจาก การสังเกตพฤติกรรมการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียน ในแต่ละครั้ง (ผู้วิจัยบันทึกวีดิโอการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง เพื่อนำมาใช้ประกอบการสะท้อนผล)

### 2. เครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถพัฒนาได้ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ได้อย่างไร ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาใช้สะท้อนผลการพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ และหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ มีทั้งหมด 2 เครื่องมือได้แก่

### 2.1 แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีลักษณะเป็นแบบวัดแบบสองชั้น (two-tier) โดยในแต่ละข้อจะมีสถานการณ์มาให้วิเคราะห์ คำถามตอนแรกเป็นคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำถามเกี่ยวกับหลักการวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เรียนเพื่อให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด และคำถามตอนที่สองจะให้นักเรียนอธิบายเหตุผลหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตอบคำถามตอนแรก แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 6 ข้อ โดยมีขอบเขตเนื้อหาในเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ มีรายละเอียดดังนี้

ข้อที่ 1 และข้อที่ 2	แสงและการเกิดเงา
ข้อที่ 3 และข้อที่ 4	แสงและการถนอมสายตา
ข้อที่ 5 และข้อที่ 6	เลนส์บาง สำหรับ

### 2.2 รายงานผลการทดลองรายบุคคล

รายงานผลการทดลองรายบุคคล มีวัตถุประสงค์วัดระดับองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างในแต่ละวงรอบ เป็นรายงานผลการทดลองที่นักเรียนสำรวจระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะต้องเขียนรายงานผลการทดลองส่งทุกวงรอบปฏิบัติการ โดยมีส่วนประกอบที่ต้องเขียน คือ คำถามนำการทดลอง วิธีการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล โดยนักเรียนแต่ละคนจะต้องเขียนรายงานผลการทดลอง 1 ฉบับและถ่ายสำเนาไปอีก 3 ฉบับโดยฉบับที่ถ่ายสำเนาไม่ต้องเขียนชื่อเพื่อนำไปใช้ในชั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน โดยผู้วิจัยกำหนดให้ในรายงานผลการทดลองจะต้องมีส่วนประกอบดังนี้ 1) วัตถุประสงค์ของการทดลอง 2) คำถามนำการทดลอง 3) อุปกรณ์การทดลอง 4) ขั้นตอนการทดลอง 5) ผลการทดลอง 6) ข้อโต้แย้ง 7) สิ่งที่ต้องปรับปรุง

ความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายงานวิจัยและเครื่องมือวิจัยเป็นไปดังแสดงในตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายของการวิจัยกับเครื่องมือการวิจัย

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายของการวิจัยกับเครื่องมือการวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัย	เครื่องมือการวิจัย		แบบวัดการให้ เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	รายงานผลการ ทดลอง รายบุคคล
	แผนการจัดการ เรียนรู้	แบบสะท้อนผลการ จัดการเรียนรู้		
1. เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง และทัศนอุปกรณ์	✓ (ผู้วิจัย)	✓ (ผู้วิจัย, ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอน)		
2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์			✓ (นักเรียน)	✓ (นักเรียน)

## การสร้างเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยจำเป็นจะต้องสร้างก่อนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีทั้งหมด 3 เครื่องมือ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดรูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 3) แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนกลุ่มเป้าหมาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รวมถึงวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ กับรายละเอียดของเนื้อหา เรื่อง แสง และทัศนอุปกรณ์ แล้วจัดแบ่งเวลาที่จะใช้ดำเนินการสอนให้เหมาะสม

1.3 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ตามแนวคิดของ Grooms et al. (2016) ที่ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนสำคัญดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุเป้าหมายและคำถามนำ

ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น

ขั้นที่ 4 การโต้แย้ง

ขั้นที่ 5 การกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน

ขั้นที่ 6 เขียนผลการสำรวจ

ขั้นที่ 7 การสะท้อนวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน

ขั้นที่ 8 ทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน

ผู้วิจัยได้จัดแบ่งเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไว้จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละแผนมีรายละเอียดดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง

ซึ่งแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ มีสถานการณ์ และหัวข้อที่จะได้แย้ง  
ดังรายละเอียดที่แสดงในตาราง 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ สถานการณ์ที่ใช้  
และหัวข้อที่จะได้แย้ง



ตาราง 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ สถานการณ์ที่ใช้และหัวข้อที่จะโต้แย้ง

แผนการจัดการเรียนรู้	ระยะเวลา	สถานการณ์	ประเด็นที่จะโต้แย้ง
แผนที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา	4 ชั่วโมง	การตีไฟในสนามหญ้าเทียมเพื่อให้มีเงารบกวนบนพื้นสนามน้อยที่สุด	ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของเงา
แผนที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา	4 ชั่วโมง	การเลือกใช้วัสดุและเทคนิคการประกอบแว่นตากันแดดเพื่อให้ถนอมสายตามากที่สุด	ชนิด และสีของเลนส์ใดที่เหมาะสมต่อการนำมาประกอบเป็นแว่นกันแดดเพื่อถนอมสายตามากที่สุด
แผนที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง	4 ชั่วโมง	การเลือกใช้เลนส์เพื่อประกอบเป็นกล้องวงจรปิดเพื่อให้ได้ระยะและขนาดภาพตามที่ต้องการ	ลำดับและชนิดของเลนส์บางแบบใดที่เหมาะสมต่อการนำมาประกอบเป็นกล้องวงจรปิดมากที่สุด



1.4 ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญได้แก่ อาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการสอน กิจกรรมที่ใช้ ลำดับขั้นตอน ระยะเวลา สื่อที่ใช้ และคำถามที่ใช้ อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาที่ใช้ในการสอน ใบกิจกรรม ความเหมาะสมของกิจกรรมการทดลอง และข้อควรระวังในการทดลองนั้น โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบดังนี้

วงรอบที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา

1) ควรใช้กล่องแสงเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสงเพื่อให้ได้ระนาบของแสงเสมือนเป็นเส้นตรง

2) ควรมีเนื้อหาครอบคลุมถึงเรื่อง เงามืด เงามัว และเงาซ้อน

3) ควรเน้นย้ำให้นักเรียนระมัดระวังเรื่องการต่อวงจรไฟฟ้า

วงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา

1) แถบวัดความยาวคลื่นแสงมีความเหมาะสมกับระยะเวลาและจุดมุ่งหมายในการทำกิจกรรมแต่ควรมีการอธิบายวิธีการใช้งานก่อนเริ่มทำการทดลอง

2) ประเด็นที่ใช้ในการกระตุ้นความสนใจดี สามารถสร้างความสนใจให้นักเรียนได้ แต่มีข้อควรระวังในการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบ เพราะอาจจะมีคำตอบอยู่แล้ว และสามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลภายนอก ควรปรับคำถามให้แตกต่างเพื่อให้นักเรียนต้องดำเนินการหาข้อมูลเพื่อมาโต้แย้งกัน

3) อุปกรณ์บางชนิดที่เลือกไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ใช่อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการปกติควรตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ว่ามีเพียงพอต่อความต้องการในการดำเนินกิจกรรมหรือไม่

วงรอบที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง

1) สถานการณ์เดิมที่เลือกคือ สร้างกล่องวงจรปิดที่มีความชัดมากที่สุด อาจจะมี ความเจาะจงเกินไปทำให้นักเรียนดำเนินการทดลองไปในแนวทางเดียวกัน ให้ปรับแก้เป็นกล่องวงจรปิดที่เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่างๆ เพื่อให้นักเรียนคิดเองว่าควรได้ภาพกว้างที่สุด ภาพคมชัดที่สุด หรือได้ระยะภาพไกลที่สุดด้วยตนเองแล้วจึงเลือกดำเนินการทดลองตามคำถามนำที่ตั้งไว้ เพื่อให้มีความหลากหลายของตัวแปรที่ทำการทดลอง

2) เนื้อหาของกิจกรรมที่จัดเป็นเรื่องเล่นสัปดาห์ประกอบ ซึ่งนักเรียนบางคนอาจจะลืม หรือไม่มีพื้นฐานความรู้ในเรื่องเล่นสัปดาห์มาก่อนอาจจะส่งผลให้ทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล จากการทดลองคลาดเคลื่อนไปมาก ควรให้นักเรียนหาความรู้เพิ่มเติม หรือครูอธิบายเรื่องเล่นสัปดาห์ สั้นๆก่อนเริ่มทำกิจกรรม

3) อุปกรณ์บางชนิดที่เลือกไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ใช่อุปกรณ์พื้นฐาน ในห้องปฏิบัติการปกติควรตรวจความพร้อมของอุปกรณ์ว่ามีเพียงพอต่อความต้องการในการ ดำเนินกิจกรรมหรือไม่

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

## 2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.1 กำหนดกรอบและประเด็นสำคัญให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยเขียน แสดงความเห็นและความรู้สึกของตนเองที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดในแต่ละวงรอบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และผู้วิจัยจะเขียนบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นและการตอบสนองของ นักเรียนระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้แยกตามลำดับขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง รวมทั้งความเหมาะสมของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ ในการจัดการเรียนรู้

2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามขอบข่ายของแต่ละลำดับขั้นตอนของ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง เหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำในการแก้ไขดังนี้

1) ควรทำให้เป็นรูปแบบตารางเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนระหว่างสิ่งที่ทำ ผลที่เกิดขึ้น ตามมา และแนวทางในการแก้ไขหรือพัฒนา

2) ควรเพิ่มเติมนิยามหรือแนวทางในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในแต่ละชั้นลงในแบบสะท้อนผลเพื่อเป็นการเปรียบเทียบสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนเทียบกับ แนวทางในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามนิยามศัพท์เฉพาะ

2.4 ปรับปรุงแก้ไข แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.5 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและนำ ข้อมูลที่ได้ไปใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ต่อไป

### 3. แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ

3.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ว่าข้อสอบรูปแบบและลักษณะใดเหมาะสมกับเนื้อหา

3.3 สร้างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามกรอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ จำนวน 6 ข้อ โดยมีขอบเขตเนื้อหาในเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น แสงและการเกิดเงา สำหรับข้อที่ 1 และ 2 แสงและการถนอมสายตา สำหรับข้อที่ 3 และ 4 และเลนส์บาง สำหรับข้อที่ 5 และ 6

3.4 นำแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง เหมาะสม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในแก้ไขดังนี้

1) ข้อคำถามที่ 1 ตัวเลือกที่เป็นรูปภาพของเงามีความคล้ายคลึงกันที่ว่ามีเงามัวเหมือนกันแต่ขนาดเงามัวไม่เท่ากัน ให้แก้ไขเป็นตัวเลือก ข มีเงามัวความเข้มเดียว แต่ตัวเลือก ง มีเงามัวหลายความเข้ม

2) ข้อคำถามที่ 2 เพิ่มเติมความชัดเจนของสถานการณ์ว่ามีแหล่งกำเนิดแสงมากกว่า 1 ตัว และมาจากหลายทิศทาง

3) ข้อคำถามที่ 4 ให้อธิบายเพิ่มเติมข้อมูลของเลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุว่าคืออะไร

4) ข้อคำถามที่ 6 เพิ่มเติมข้อมูลของการคำนวณหาพลังงานแสงพร้อมทั้งให้สมการเพื่อใช้ในการคำนวณ เพราะนักเรียนยังไม่ได้เรียน อาจส่งผลต่อข้อมูลที่เก็บจากแบบทดสอบก่อนเรียน

3.5 ปรับปรุง แก้ไข แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.6 นำแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้สะท้อนผลการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะมีการดำเนินการเก็บข้อมูลตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนของ Kemmis, & Schmuck (n.d. อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557) ที่ประกอบไปด้วยขั้นวางแผน ขั้นการปฏิบัติการ ขั้นการสังเกตการณ์ ขั้นการสะท้อนผล ทั้งหมด 3 วงรอบ ดังนี้

### ก่อนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยจะให้ นักเรียนทุกคนทำแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson ก่อนเรียน ก่อนที่จะเริ่มการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสอน สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในวงรอบที่ 1 โดยใช้เวลาในการทำแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อเปรียบเทียบระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

### วงรอบปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา

#### ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน

ขั้นการวางแผนผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และเนื้อหาเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์จากนั้นทำการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา และคำอธิบายรายวิชา ว 30203 ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ทัศนอุปกรณ์และเงา ตามขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง อีกทั้งยังสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล 2 เครื่องมือ ได้แก่ 1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 2. แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่กล่าวมาข้างต้นและสร้างเกณฑ์ประเมินเพื่อวิเคราะห์รายงานผลการทดลอง

#### ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แผนที่ 1 เรื่องแสงและการเกิดเงา โดยใช้เวลาจำนวน 4 คาบ คาบละ 55 นาที และสะท้อนผลจากกิจกรรมดังนี้

ในขั้นการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เขียนผลการสำรวจ นักเรียนแต่ละคนจะต้องทำการเขียนรายงานผลการทดลอง 1 ฉบับ และถ่ายสำเนา 3 ฉบับ ฉบับสำเนาจะไม่เขียนชื่อและนำไปใช้ในขั้นที่ 7 ต่อแต่ฉบับจริงผู้วิจัยจะเก็บไว้เพื่อนำไปสะท้อนการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในขั้นการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน นักเรียนแต่ละคนจะต้อง

วิจารณ์รายงานผลการทดลองฉบับสำเนาของเพื่อน 3 คน คนละ 1 ฉบับรวม โดยที่ไม่รู้ว่าใครเป็นเจ้าของรายงานฉบับนั้น แต่จะรู้หมายเลขที่ทำไว้แบบสุ่มซึ่งจะมีแต่ผู้วิจัยที่รู้หมายเลขนั้น เป็นของใครและใครเป็นผู้วิจารณ์หมายเลขนั้น เมื่อวิจารณ์เสร็จแล้วจะส่งคืนเจ้าของ เพื่อทำกิจกรรมต่อในขั้นที่ 8 เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมทั้งหมด ผู้วิจัยจะเก็บสำเนารายงานผลการทดลองไว้เพื่อ บันทึกว่านักเรียนคนใดวิจารณ์โดยใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่เพื่อไปสะท้อนผลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในขั้นการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน นักเรียนจะทำการแก้ไขรายงานตามคำแนะนำของผู้วิจารณ์โดยที่สามารถเลือกได้ว่าจะแก้ไขตามคำแนะนำนั้นหรือไม่ หากไม่แก้ไขจะต้องเขียนบอกมาว่าทำไมจึงไม่แก้ไขตามคำแนะนำนั้น โดยนักเรียนจะต้องเขียนเพิ่มอีกหนึ่งฉบับเป็นฉบับแก้ไข หลังจากแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงส่งให้ผู้วิจัย และผู้วิจัยจะเก็บเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับฉบับก่อนแก้ไขและฉบับที่ถูกวิจารณ์ว่านักเรียนได้แก้ไขหรือไม่ หากไม่แก้ไขทำไมจึงไม่แก้ไข เพื่อไปสะท้อนการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และผู้วิจัยจะบันทึกแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ คนละ 1 ชุด แต่ละคนจะบันทึกเขียนความเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดให้ในแต่ละแผน รวมทั้งความเหมาะสมของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้อีก จากการศึกษาสังเกตพฤติกรรมการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแต่ละครั้งของการจัดการเรียนรู้ (4 คาบ) โดยจะบันทึกแยกในแต่ละขั้นทั้งหมด 8 ขั้น โดยการอธิบายและบรรยายปัญหาที่เกิดขึ้นและการตอบสนองของนักเรียนระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้แยกตามลำดับขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

### **ขั้นที่ 3 การสังเกต**

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยการเก็บข้อมูลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากรายงานผลการทดลอง และการเก็บข้อมูลการพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

### **ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล**

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และผู้วิจัยจะสะท้อนผลการเข้าร่วมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งด้วยแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยจะทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยนำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่บันทึกระหว่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จ ผู้วิจัยจะพิจารณาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่าง

การจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ไปตอบคำถามวิจัยที่ 1 ส่วนรายงานผลการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสะท้อนถึงการพัฒนารายงานให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

## **วงรอบปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา**

### **ขั้นที่ 1 การวางแผน**

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามผลการวิเคราะห์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และจัดเตรียมเครื่องมือเช่นเดียวกับวงรอบปฏิบัติการที่ 1

### **ขั้นที่ 2 การปฏิบัติ**

ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่องแสงและการถนอมสายตา โดยใช้เวลาจำนวน 4 คาบเรียนและทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในแต่ละขั้น โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเช่นเดียวกันกับขั้นปฏิบัติการในวงปฏิบัติการที่ 1

### **ขั้นที่ 3 การสังเกต**

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการเก็บข้อมูลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะใช้เครื่องมือแบบบันทึกการวิจารณ์ข้อโต้แย้ง ข้อโต้แย้งขั้นต้น และรายงานผลการทดลอง และการเก็บข้อมูลการพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะใช้เครื่องมือแบบบันทึกการวิจารณ์ข้อโต้แย้งเช่นเดียวกันกับขั้นปฏิบัติการในวงปฏิบัติการที่ 1

### **ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล**

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งและการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นตอนสะท้อนผลในวงปฏิบัติการที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้ไปใช้จัดการเรียนรู้ในวงปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

## วงรอบปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง

### ขั้นที่ 1 การวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามผลการวิเคราะห์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 และจัดเตรียมเครื่องมือเช่นเดียวกับวงรอบปฏิบัติการที่ 1

### ขั้นที่ 2 การปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่องเลนส์บาง โดยใช้เวลาจำนวน 4 คาบเรียน และทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในแต่ละขั้นโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เช่นเดียวกันกับขั้นปฏิบัติการในวงปฏิบัติการที่ 1

### ขั้นที่ 3 การสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ศึกษาโดยการเก็บข้อมูลการเก็บข้อมูลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะใช้เครื่องมือแบบบันทึกการวิจารณ์ข้อโต้แย้ง ข้อโต้แย้งขั้นต้น และรายงานผลการทดลอง และการเก็บข้อมูลการพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะใช้เครื่องมือแบบบันทึกการวิจารณ์ข้อโต้แย้ง เช่นเดียวกันกับขั้นปฏิบัติการในวงปฏิบัติการที่ 1

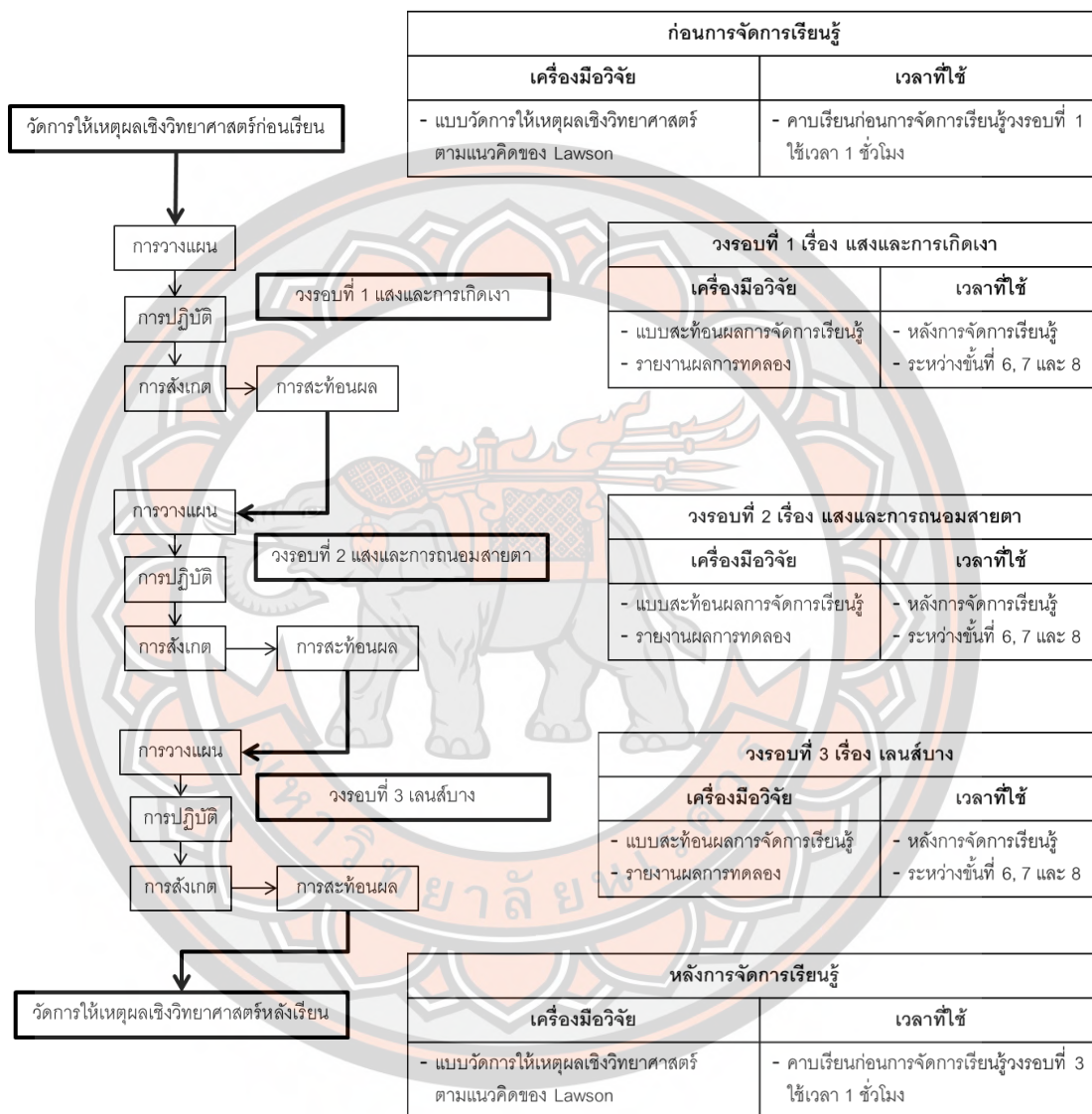
### ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งและการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่นเดียวกับขั้นตอนสะท้อนผลในวงปฏิบัติการที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้ มาสรุปแนวทางที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

### หลังการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยจะให้นักเรียนทุกคนทำแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียน หลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในวงรอบที่ 3 โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 1 ชั่วโมง และข้อคำถามในแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อเปรียบเทียบระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำเสนอวงจรการเก็บข้อมูลดังภาพ 7



ภาพ 7 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล



## การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (content analysis) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนเพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อได้แก่

คำถามข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ควรจัดอย่างไร

คำถามข้อที่ 2 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถพัฒนาได้โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ได้อย่างไร

ผู้วิจัยตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจาก แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยทั้ง 3 วงรอบ เพื่อนำมาอธิบายว่าวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ควรจัดอย่างไร ซึ่งจะมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน จำนวน 1 ท่าน และผู้วิจัยได้บรรยายเกี่ยวกับสภาพปัญหา ข้อดี ข้อด้อย จากการสังเกตพฤติกรรมการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแต่ละครั้ง ซึ่งมีการวิเคราะห์ผลดังนี้

1.1 ผู้วิจัยอ่านคำแนะนำและข้อเสนอแนะจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากครูผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง นักเรียนที่เข้าร่วมการจัดการเรียนรู้และตัวผู้วิจัยและจัดพิมพ์ข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ง่ายต่อการนำมาใช้

1.2 ผู้วิจัยคัดแยกข้อมูลที่เป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำมาใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ได้

1.3 ผู้วิจัยจัดเรียงข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยเรียงเป็นขั้นตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้น และในแต่ละขั้นจะแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ปฏิบัติได้ดีแล้ว ซึ่งควรคงไว้ในการจัดการเรียนรู้ และส่วนที่เกิดปัญหา กับข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

1.4 ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และสรุปปัญหา รวมถึงข้อเสนอแนะที่จะนำไปใช้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้นำวีดิโอบันทึกภาพขณะจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยมาสังเกตพฤติกรรมในระหว่างการจัดการเรียนรู้ของตนเองเพิ่มเติม พร้อมทั้งบันทึกข้อดีข้อเสีย และข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยอาจไม่ทันได้สังเกตเห็นในขณะนั้น เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแผนถัดไป ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือได้แก่ 1) แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2) รายงานผลการทดลอง ทั้งจากชั้นที่ 6 และชั้นที่ 8 และจากวีดิโอบันทึกภาพขณะจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เพื่อนำมาอธิบายว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถพัฒนาได้โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ได้อย่างไร ซึ่งจะมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

1. แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมคำตอบของนักเรียนทั้งการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งมีการวิเคราะห์ผลดังนี้

1.1 ผู้วิจัยตรวจสอบตัวเลือกตอบที่นักเรียนเลือกในคำถามตอนที่ 1 หากนักเรียนไม่ได้เลือกคำตอบที่ถูกต้อง จะจัดว่าคำตอบของนักเรียนเป็นระดับที่ 1 คำกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง หากนักเรียนเลือกตัวเลือกตอบที่ถูกต้องจะทำการวิเคราะห์ตอนที่ 2 ต่อไป

1.2 ผู้วิจัยอ่านคำตอบจากคำถามแบบข้อเขียนของนักเรียนในตอนที่ 2 และวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและจัดหมวดหมู่คำตอบของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- 1) ระดับที่ 1 เหตุผลที่ไม่มีการลงข้อสรุปหรือมีการลงข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง
- 2) ระดับที่ 2 เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องแต่ไม่มีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป
- 3) ระดับที่ 3 เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องและมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุปแต่ไม่มีการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน
- 4) ระดับที่ 4 เหตุผลที่มีการลงข้อสรุปถูกต้องและมีหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป และมีการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน

โดยผู้วิจัยจะอ่านคำตอบของนักเรียนรายบุคคลและเทียบคำตอบกับเกณฑ์ข้างต้นว่าคำตอบควรจัดอยู่ในกลุ่มใดและทำการบันทึกลงรหัสไว้เป็นรายชื่อ

1.3 ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้มาทั้งหมดจากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนและสรุปถึงการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยเทียบระดับของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรายชื่อ ว่านักเรียนมีการพัฒนาระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างไรจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2. รายงานผลการทดลอง ที่เป็นรายงานที่นักเรียนแต่ละคนจะเขียนสรุปการทดลองระหว่างขั้นที่ 6 เขียนผลการสำรวจ ซึ่งมีการวิเคราะห์ผลดังนี้

2.1 ผู้วิจัยอ่านข้อมูลจากรายงานผลการทดลอง และจัดพิมพ์ข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ง่ายต่อการนำมาใช้

2.2 ผู้วิจัยคัดแยกข้อมูลที่เป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และสามารถนำมาใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ได้

2.3 ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินดังนี้

#### ข้อกล่าวอ้าง

กลุ่มที่ 1 ระดับดี ข้อสรุปตอบคำถามนำการทดลองได้ตรงประเด็น

กลุ่มที่ 2 ระดับพอใช้ ข้อสรุปตอบคำถามนำการทดลองได้บางประเด็น

กลุ่มที่ 3 ระดับปรับปรุง ข้อสรุปไม่สามารถตอบคำถามนำการทดลองได้

#### หลักฐาน

กลุ่มที่ 1 ระดับดี หลักฐานสามารถนำไปสนับสนุนข้อสรุปได้ทุกประเด็น

กลุ่มที่ 2 ระดับพอใช้ หลักฐานไม่สามารถสนับสนุนข้อสรุปบางประเด็นได้

กลุ่มที่ 3 ระดับปรับปรุง หลักฐานไม่สามารถสนับสนุนข้อสรุปได้ทุกประเด็น

#### การอ้างเหตุผล

กลุ่มที่ 1 ระดับดี อธิบายความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้ทุกประเด็น

กลุ่มที่ 2 ระดับพอใช้ อธิบายความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้บางประเด็น

กลุ่มที่ 3 ระดับปรับปรุง ไม่อธิบายความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อสรุป

2.4 ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจากรายงานผลการทดลอง และสรุปถึงการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ว่านักเรียนมีการแสดงออกถึงการให้เหตุผลในลักษณะใด โดยการเทียบระดับขององค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แยกตามแต่ละองค์ประกอบ ตามแต่ละวงรอบ ว่าจำนวนนักเรียนที่สร้างองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละวงรอบมีระดับเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะสรุปผลการพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ว่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ผลจากแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อยืนยันการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และใช้ผลจากแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อยืนยันว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีปัญหาและจำเป็นต้องพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

#### **ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ**

ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ยืนยันความน่าเชื่อถือ (Credibility) ของงานวิจัยโดยการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) ทั้ง 2 วิธีคือวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย (Method Triangulation) อีกทั้งยังใช้การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) และการเข้าไปมีส่วนร่วมหรือการฝังตัวในบริบทสถานการณ์ หรือสิ่งที่ศึกษาเป็นระยะเวลายาวนาน (Prolonged Engagement) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย จากงานวิจัยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือจำนวน 2 เครื่องมือในการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ รายงานผลการทดลอง และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson จากนั้นวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลสรุปการดำเนินงานเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถพัฒนาได้โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง และทัศนอุปกรณ์ได้อย่างไร

2. วิธีการตรวจสอบ หรือการตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์ในการสอนมากกว่า 10 ปี ตรวจสอบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล กระบวนการเก็บข้อมูลและ

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินการอย่างถูกต้องตามหลักการหรือไม่ และผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถตอบคำถามวิจัยทั้งสองข้อได้ครอบคลุมหรือไม่

3. การเข้าไปมีส่วนร่วมหรือการฝังตัวในบริบท สถานการณ์ หรือสิ่งที่ศึกษา เป็นระยะเวลายาวนาน ตัวผู้วิจัยได้เข้าไปทำการสอนอยู่ในห้องเรียนกลุ่มเป้าหมายตั้งแต่ภาคเรียนที่หนึ่งปีการศึกษา 2560 เพื่อให้มีความคุ้นเคยกับนักเรียน เก็บข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับตัวนักเรียน และบริบทที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมาย และสามารถแปลผลจากพฤติกรรมพื้นฐานของนักเรียนได้



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์กำลังนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดำเนินการเก็บข้อมูลในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้รายงานผลการทดลองของนักเรียนทั้ง 3 วงรอบปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบผลการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบปฏิบัติการ เพื่อนำผลที่ได้ไปพัฒนารูปแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง บันทึกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและตัวผู้วิจัยเอง นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้มีการบันทึกวิดีโอตั้งแต่ขณะเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการจัดการจัดการเรียนรู้อันใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และเก็บข้อมูลก่อนและหลังการวิจัยด้วยแบบวัดทักษะการให้เหตุผลตามแนวคิดของ Lawson (LCTSR) จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอนตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

ตอนที่ 2 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

**ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์**

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ 3 วงรอบโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว และใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน 1 ท่านและตัวผู้วิจัยเพื่อใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการในแต่ละวงรอบ ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยเรียงตามลำดับวงรอบปฏิบัติการการสอนจริงและการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 วงรอบได้แก่วงรอบที่ 1 เรื่อง แสง และการเกิดเงา วงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา วงรอบที่ 3 เรื่อง เลนส์ประกอบ

## 1. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและการเกิดเงา

### 1.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาจากโรงเรียนมัธยมศึกษาที่ส่งเสริมวิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งซึ่งพบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ในระดับพอใช้โดยพิจารณาจากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้ ในประเด็นที่เกี่ยวกับแสงและทัศนอุปกรณ์ อีกทั้งผู้วิจัยยังได้รับมอบหมายในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 เรื่องด้วยสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษา ผลการเรียนรู้ และหน่วยการเรียนรู้ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งตามหลักสูตรส่งเสริมวิทยาศาสตร์สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาเพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์และจำนวนชั่วโมงที่จะใช้กำหนดในการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 1 ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขอบเขตของเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ เพื่อหาแนวทางในการตั้งคำถามในใบงานที่จะใช้วัดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ 1 ผู้วิจัยต้องออกแบบและตั้งคำถามที่ใช้จริงในใบงานที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ว่าข้อคำถามที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นนั้นครอบคลุมเนื้อหาที่นักเรียนควรได้รับก่อนจัดกิจกรรมการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งควรมีลักษณะแบบใดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยจึงนำเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเหมาะสมกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และการโต้แย้ง คือ บั๊จจายโดบ้างที่มีผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของเงา ผลจากการศึกษากับผู้เชี่ยวชาญและผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนพบว่าสิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องมีส่วนในข้อคำถามคือความสอดคล้องกับเนื้อหา และสามารถสืบสอบ

ทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบได้ และมีคำตอบที่เป็นไปได้มากกว่า 1 คำตอบเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

หลังจากมีประเด็นทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้ดำเนินการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคำตอบและนำคำตอบนั้นมาโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 1 เพื่อให้การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปอย่างราบรื่นผู้วิจัยจึงได้คิดปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะเชิงกายภาพของเงาและวิธีการดำเนินการหาคำตอบของนักเรียนที่น่าจะเป็นไปได้ โดยผู้วิจัยจะต้องศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแสงและเงา ทั้งเงามืดและเงามัว เพื่อให้ผู้วิจัยจะได้เตรียมอุปกรณ์ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ให้นักเรียนเพื่ออำนวยความสะดวกในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่านักเรียนจะเลือกปัจจัยในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์คือ ขนาดของวัตถุ ความสูงของวัตถุ รูปร่างของวัตถุ สีของวัตถุ สีของเงา ความเข้มแสง จำนวนของแหล่งกำเนิดแสง ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงจนถึงวัตถุ ระยะห่างระหว่างวัตถุจนถึงฉาก ห้องที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีผนังห้องเป็นกระจกใสแสงลอดผ่านได้ ซึ่งไม่เหมาะแก่การทดลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแสงเนื่องจากมีแสงรบกวนจากภายนอกมากเกินไป ผู้วิจัยจึงได้นำกระดาษสีดำมาปิดท่วบริเวณห้องเพื่อตัดแสงรบกวนจากภายนอกให้ได้มากที่สุด

## 1.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้เริ่มทำตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่ได้เตรียมไว้โดยเริ่มจากการเตรียมการก่อนหน้า โดยใช้เวลาเรียนในช่วงของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 คาบเรียนที่ 1 และ 2 วันที่ 15 มกราคม 2561 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และคาบเรียนที่ 3 และ 4 วันที่ 18 มกราคม 2561 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 4 คาบ ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนในห้องเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 34 คนแต่นักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยในวงรอบที่ 1 จำนวน 31 คนเป็นนักเรียนชายทั้งหมด โดยผู้วิจัยได้ตั้งกล้องวิดีโอเอาไว้หลังห้องเรียนเพื่อทำการบันทึกขณะเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการจัดกิจกรรมโดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเป็นผู้สะท้อนผลและเข้าร่วมการนิเทศ โดยใช้แบบสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผลการศึกษสามารถแยกตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ

ในขั้นตอนนี้ ครูจะระบุเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่จะทำการสืบสอบโดยกล่าวถึงความสำคัญ ปัญหา หรือ เหตุผลที่จะต้องทำการสืบสอบของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์และสร้างคำถามนำการทดลองร่วมกับนักเรียน กรณีที่มีอุปกรณ์การทดลอง



ที่มีวิธีการใช้งานซับซ้อนหรือการทดลองเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ ครูจะชี้แจงวิธีการใช้งานและข้อระมัดระวังเหล่านั้น

ผู้วิจัยเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการยกเหตุการณ์ใกล้ตัวนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับแสงและเงาเพื่อนำไปสู่การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่ว่า บั๊จจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของเงา โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างภาพเหตุการณ์การเล่นฟุตบอลในสนามหญ้าเทียม และถามนักเรียนว่าหากเล่นฟุตบอลในเวลากลางวันซึ่งจะมีสปอร์ตไลท์ส่องมาจากทุกทิศทางนักเรียนจะเห็นเงาในลักษณะใด ยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ใช้ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี และประเด็นที่ใช้มีตัวแปรที่หลากหลาย ทั้ง เงามืด เงามัว เงาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดหลายแหล่ง ตำแหน่งของวัตถุ และตำแหน่งแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเงา ซึ่งบั๊จจัยที่หลากหลายจะทำให้เกิดการโต้แย้งได้ดี โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนมีความสนใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้ยกตัวอย่างและอภิปรายกันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

หลังจากนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นแล้วครูถามนักเรียนว่าบั๊จจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อให้นักเรียนเห็นเงาเป็นเช่นนั้น ซึ่งผู้วิจัยสามารถควบคุมชั้นเรียนได้ดีและนักเรียนให้ความร่วมมือ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ควบคุมชั้นเรียนดีและนักเรียนให้ความร่วมมือดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...นักเรียนตั้งใจฟังวิธีการจัดการเรียนรู้และให้ความร่วมมือปฏิบัติตามแนวทางการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

เนื่องจากปัจจัยที่นักเรียนตอบมีหลากหลาย จึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เลือก ปัจจัยที่กลุ่มของตนคิดว่ามีผลกระทบมากที่สุดและเลือกทำการสืบสอบปัจจัยนั้น โดยส่วนใหญ่ จะเลือกระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุ กับ ระยะห่างระหว่างวัตถุและฉาก นักเรียน สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมได้เป็นอย่างดี เพราะผู้วิจัยได้อธิบายวิธีการ ดำเนินการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และแนวทางในการดำเนินกิจกรรมที่จะให้นักเรียนจะต้องทำ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ดี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนได้มีการบันทึกลงใน แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...อธิบายแนวทางการทดลองเป็นขั้นตอนดี นักเรียนปฏิบัติตามได้ถูกต้อง  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

แต่ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการอธิบายสถานการณ์และวิธีการสืบสอบ ทางวิทยาศาสตร์นานกว่าที่กำหนดไว้ อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาก่อน โดยผู้วิจัยได้มีการ บันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาเพิ่มเติมเพื่ออธิบายสถานการณ์สมมติและวิธีการ ดำเนินกิจกรรมในคาบเรียนนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน และปฏิบัติตามได้ถูกต้อง  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

นอกจากนี้ระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ ผู้วิจัยไม่ได้ชี้แจง เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้องและปลอดภัย ซึ่งส่งผลให้ในขั้นถัดไป นักเรียนดำเนินกิจกรรม การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปอย่างล่าช้าและอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ดังนี้

...ระหว่างการทำกิจกรรมการทดลองให้ชี้แจงการใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับไฟฟ้า ให้ระมัดระวังเนื่องจากเป็นไฟกระแสสลับ  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

### ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกแบบขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงข้อมูลที่ต้องการจะเก็บเพื่อนำมาตอบคำถามนำการทดลอง โดยที่นักเรียนจะดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อครูตรวจความสมบูรณ์ของผลการออกแบบ

นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เริ่มทำการออกแบบการทดลองหลังจากที่ได้เลือกปัจจัยที่ตนคิดว่ามีผลกระทบต่อลักษณะของเงามากที่สุด โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างวิธีการทดลองที่มีตัวแปรคล้ายคลึงกันกับที่นักเรียนเลือกเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวิธีการทดลองซึ่งทำให้นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้รวดเร็วขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...มีตัวอย่างรูปแบบการทดลองให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...ตัวอย่างในการทำการทดลองที่คล้ายคลึงกันทำให้เด็กนักเรียนมีความเข้าใจรูปแบบการดำเนินกิจกรรมในครั้งนี้น่ามากขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้ยกตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลจากการทดลองที่คล้ายคลึงกันเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบตารางเก็บข้อมูลตัวแปรที่ต้องการเพื่อตอบคำถามนำการทดลองให้นักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...มีตัวอย่างแบบฟอร์มตารางบันทึกผลการทดลองให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...นอกจากนั้นตารางเก็บข้อมูลตัวอย่างยังทำให้เด็กนักเรียนเข้าใจถึงข้อมูล  
ที่จำเป็นต้องเก็บเพื่อนำไปใช้ตอบคำถามนำการทดลองของกลุ่มตนเอง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบการออกแบบของแต่ละกลุ่มแล้วและให้คำแนะนำ  
ในการแก้ตารางบันทึกผลการทดลองรวมถึงวิธีการบันทึกผลการทดลอง เช่น การวัดเงามืดแยกกับ  
เงามัว การกำหนดระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุให้คงที่เมื่อวัดผลของระยะห่างระหว่าง  
ฉากและวัตถุที่มีต่อลักษณะของเงา และกำหนดระยะห่างระหว่างฉากและวัตถุให้คงที่ เมื่อวัดผล  
ของระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุที่มีต่อลักษณะของเงา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถ  
ออกแบบการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูลได้ดี หลังจากได้เห็นตัวอย่างการออกแบบการทดลอง  
และตารางเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองสอดคล้องกับคำถาม  
และครอบคลุม ตัวแปรที่ต้องการ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

กลุ่มที่ออกแบบตารางผลการทดลองและวิธีทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว  
จะออกไปเลือกอุปกรณ์ที่กลุ่มของตนจำเป็นต้องใช้ กิจกรรมการทดลองเกี่ยวข้องกับแสงเกี่ยวกับ  
แสง ผู้วิจัยจึงได้เตรียมแหล่งกำเนิดแสง คือ กล้องแสงไว้อาจำนวนหนึ่งซึ่งมีการใช้งานค่อนข้างยาก  
ต้องต่อวงจรไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง นักเรียนบางกลุ่มไม่มีพื้นฐานในการต่อสายไฟ  
ทำให้ช่วงเริ่มต้นของการทดลองเป็นไปอย่างยากลำบาก ผู้วิจัยจำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือ  
นักเรียนในการใช้งานอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงในช่วงนี้ และอุปกรณ์บางชิ้นเช่น สายไฟ  
และกล้องแสงชำรุดเสียหาย ต้องทำการซ่อมแซมแก้ไขจึงได้ให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่สำรองไว้  
บางส่วน และส่วนที่ยังขาดอุปกรณ์อยู่จึงทำการซ่อมแซมในขณะนั้นทันที ผู้วิจัยจึงทำการประยุกต์  
อุปกรณ์ที่มีในขณะนั้นเพื่อทดแทนอุปกรณ์ที่ขาดหายไป โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัย  
ได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงใน  
แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

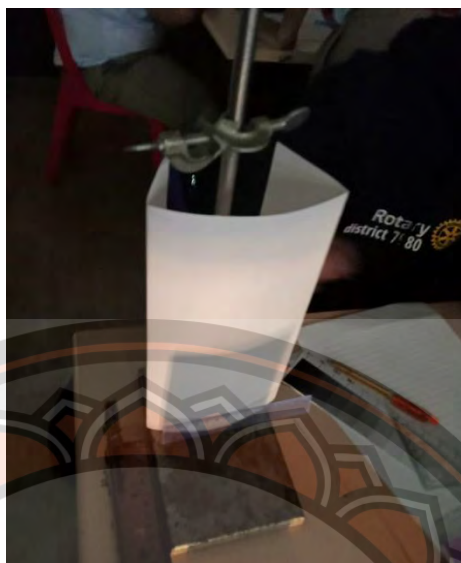
...อุปกรณ์ที่ชำรุดนักเรียนสามารถแก้ไขให้เป็นปกติได้เช่นสายไฟที่ช้อต่อหลุด  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถเริ่มการทดลองได้เพราะอุปกรณ์ชำรุดจำเป็น  
ที่จะต้องเปลี่ยนและแก้ไขโดยที่อุปกรณ์เป็นกล่องแสงที่จะต้องเชื่อมต่อกับแหล่งกำเนิด  
แสงนักเรียนไม่มีความชำนาญในการตรวจสอบว่าอุปกรณ์ชิ้นใดกันแน่ที่ชำรุด  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ในขณะดำเนินการทดลอง มีนักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนในกลุ่ม  
ทำการทดลอง ทำให้การทดลองและเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างล่าช้า โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน  
ได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนในกลุ่มเดินไปเดินมาในห้องเรียน  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

นอกจากนี้ระหว่างดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลผู้วิจัยยังพบว่า  
ตัวแปรที่นักเรียนเลือกหลังจากการทดลองไม่มีความหลากหลาย เนื่องจากอุปกรณ์ที่นักเรียน  
เลือกใช้คล้ายคลึงกัน และนักเรียนบางกลุ่มออกแบบวิธีการทดลองและไม่มีอุปกรณ์ที่ตนต้องการ  
หรือต้องการอุปกรณ์บางชนิดที่ไม่ได้เตรียมไว้ เช่น ฉากรับแสง ขาดตั้งฉากรับแสง ผู้วิจัยสามารถหา  
อุปกรณ์การทดลองบางอย่างทดแทนอุปกรณ์ที่นักเรียนต้องการได้ เช่น ใช้กระดาษ A4 สีขาวแทน  
ฉากรับแสงและใช้ชุดขาตั้งหนีบหลอดทดลองแทนขาตั้งฉากรับแสง ดังแสดงในภาพ 8



ภาพ 8 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์อื่นทดแทนอุปกรณ์ที่นักเรียนต้องการ

แต่ถ้าหาไม่ได้จะให้คำแนะนำกับนักเรียนเพื่อเปลี่ยนแปลงวิธีการทดลองให้ใกล้เคียงกับความตั้งใจมากที่สุด และบางส่วนไม่สามารถเก็บข้อมูลที่ตั้งใจเลือกไว้ตอนแรก จึงทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่ศึกษา เพราะง่ายต่อการเก็บข้อมูลมากกว่า โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนหลายกลุ่มได้เปลี่ยนตัวแปรที่ตนต้องการจะศึกษาระหว่างการทดลอง เพราะไม่มีความชำนาญในการวัดค่าข้อมูลที่ต้องการทำให้ข้อมูลที่ออกมาคลาดเคลื่อน จึงตัดสินใจเปลี่ยนเป็นตัวแปรที่ง่ายต่อการศึกษา

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

### ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองในขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล และเรียกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้ว่า “ข้อโต้แย้งขั้นต้น”

ผู้วิจัยจึงให้กลุ่มที่ทำการทดลองเสร็จแล้วให้สร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นที่ประกอบด้วยตัวแปรที่นักเรียนเลือก คำถามนำการทดลอง ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเตรียมนำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มหน้าชั้นเรียนและ

ร่วมแลกเปลี่ยนความรู้และโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนในชั้นตอนถัดไป ผู้วิจัยได้ทำการยกตัวอย่างการสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นจากการทดลองที่คล้ายคลึงกับการทดลองของนักเรียน ซึ่งนักเรียนบางกลุ่มสามารถสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นหลังจากที่ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่าง โดยเน้นย้ำกับนักเรียนให้นำข้อมูล หลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริงและน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องข้องกับประเด็นที่ศึกษามาประกอบการอภิปราย ซึ่งผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถการคิดหาเหตุผลและข้อโต้แย้งได้เรียบร้อยดี  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นภายในกลุ่มของตนต่างจากการทดลองได้ด้วยตนเองหลังจากฟังวิธีการจากผู้สอน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ซึ่งใบงานมีส่วนสำคัญในการทำให้นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นได้ เพราะในใบงานรายละเอียดให้นักเรียนบันทึกตามองค์ประกอบที่ระบุไว้เพื่อสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตั้งข้อโต้แย้งขั้นต้น ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ใน  
ใบงาน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ในขณะที่บางกลุ่มต้องได้รับการช่วยเหลือเพิ่มเติม เนื่องจากนักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาทำให้อ้างอิงขั้นต้นมีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการวัดขนาดของ เงามืด และเงามัว บางกลุ่มวัดขนาดเงามืดและเงามัวรวมกัน และบางกลุ่มวัดความเข้มของเงามัวแต่บันทึกข้อมูลว่าเป็นเงามืด โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้ทำการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางกลุ่มยังสับสนกับขนาดของแหล่งกำเนิดแสง  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...บางกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลคลาดเคลื่อนเนื่องจากมีความเข้าใจในการวัดและความเข้าใจเชิงเนื้อหาที่คลาดเคลื่อน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

และนักเรียนบางส่วนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์การทดลอง เช่น ความสว่างของแหล่งแสงที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...แจ้งปัญหาการเกิดเงาจากการใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดแตกต่างกัน นักเรียนยังทำได้ไม่ครอบคลุม  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

### ขั้นการโต้แย้ง

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนเอง จากนั้นอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประเมินข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนร่วมกับกลุ่มอื่น หลักจากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเอง หากจำเป็นสามารถให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองใหม่ได้

ในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบก่อนหน้า โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตน 5 นาทีและให้เพื่อนกลุ่มอื่นถามคำถามและอภิปรายร่วมกัน 3 นาที ดำเนินการโต้แย้งในลักษณะนี้จนครบทุกกลุ่ม ซึ่งนักเรียนกลุ่มนำเสนอใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดหลายกลุ่ม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ระหว่างอภิปรายควรกำหนดเวลาให้ชัดเจน  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)



...กลุ่มที่นำเสนอใช้ระยะเวลาสั้นเกินไป ช่วงการถามคำถามมีคำถามที่น่าสนใจ และสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ แต่ใช้ระยะเวลาสั้นที่กำหนดไว้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

จากนั้นนักเรียนกลุ่มอื่นจะได้อภิปรายข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มที่นำเสนอ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการโต้แย้งและอภิปราย โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนส่วนใหญ่เข้าร่วมกิจกรรมการโต้แย้งและแสดงความคิดเห็น รวมถึงตั้งคำถามเกี่ยวกับกระบวนการเก็บข้อมูลการวัดและการแปลผลของกลุ่มที่นำเสนอ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ในขณะที่ทำการโต้แย้ง นักเรียนส่วนใหญ่จะอภิปรายกันในเรื่องกระบวนการทดลอง มากกว่าข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และนอกประเด็นในการโต้แย้งกันบ่อยครั้ง หรือซักถามในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางคนถามคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับหลักวิทยาศาสตร์หรือออกนอกประเด็นจนไม่สามารถกลับมาประเด็นเดิมได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

และนักเรียนบางคนใช้อารมณ์ในการโต้แย้งโดยไม่ใช้เหตุผลในการโต้แย้งหรือกล่าวอภิปรายคัดค้านโดยไม่มีหลักฐานมาสนับสนุน โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางคนไม่ยอมรับฟังความเห็นและไม่คำนึงถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนบางคนกล่าวอ้างและโต้แย้งโดยไม่มีหลักฐานมาสนับสนุน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ตลอดการอภิปรายผู้วิจัยได้ทำหน้าที่เป็นคนคอยดำเนินการอภิปรายคอยถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนผ่านการนำเสนอและการโต้แย้งกับกลุ่มอื่น การสร้างความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของผู้สอนโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ครูสอดแทรกข้อคิดเห็นระหว่างนักเรียนอธิบายได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...ในบางช่วงนักเรียนจะได้แย้งในประเด็นที่ไม่เกี่ยวข้องกับผู้สอนจึงจำเป็นที่จะต้องให้แนวคิดหรือข้อเสนอแนะเพื่อให้กลับมาในประเด็นหลัก

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

### **ขั้นการกระจำมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน**

ในขั้นนี้ ครูจะอธิบายมโนทัศน์หลักของเรื่องที่เรียนโดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองของนักเรียน รวมไปถึงอธิบายมโนทัศน์เชื่อมโยงและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนพุดถึงในขั้นการโต้แย้ง และอภิปรายเชิงสะท้อนร่วมกับนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดการพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ออกแบบการทดลอง เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ผล แปรผล สรุปผล) กล่าวถึงทั้งข้อดีและข้อที่ต้องพัฒนาในการทดลองของนักเรียน

ผู้วิจัยได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดเงาและลักษณะของเงาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และ เงามืด-เงามัว โดยใช้หลักฐานจากการทดลองของนักเรียนที่มีรูปภาพระหว่างทำการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยเน้นการอภิปราย ได้ตอบกับนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนคิดตาม และสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีเข้ากับการสร้างความรู้เชิงเนื้อหา เช่น ผลการทดลองของนักเรียนบางกลุ่มที่วัดความเข้มของเงามืดและเงามัวที่ระยะต่างๆ หรือ ความเข้มของเงามืดและเงามัวจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างต่างกัน ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้ และอภิปรายร่วมกับผู้วิจัยได้ดี เพราะฟังทำการทดลองในประเด็นที่อภิปรายมาก่อน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...อธิบายหลังจากที่นักเรียนได้ปฏิบัติจริงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

...สามารถอธิบายความรู้ได้รวดเร็วมากขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้ทำการทดลองและ  
ลองสรุปผลด้วยตนเอง ซึ่งทำให้นักเรียนได้คิดตามและเกิดการอภิปรายที่มีประสิทธิภาพ  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เช่น เงามที่เกิดขึ้น  
จากแหล่งกำเนิดแสงหลายแหล่งทำให้เกิดเงาซ้อนกันทำให้เงาเข้มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากเงามืด-เงามัว  
โดยผู้วิจัยใช้หลักฐานจากการโต้แย้งของนักเรียนที่น่าเสนอข้อโต้แย้ง ที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน  
หรือมีข้อผิดพลาดของนักเรียน ในบางประเด็นโดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผล  
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์จากหลักฐานและการทดลองของนักเรียน  
ทำให้นักเรียนเข้าใจได้รวดเร็วและสามารถแก้ไขข้อสงสัยที่คลาดเคลื่อน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

การจัดการเรียนรู้ในชั้นอื่นใช้เวลามากเกินไปจนทำให้การจัดการเรียนรู้ ในชั้นนี้  
เหลือเวลาในการอธิบายมโนทัศน์เพียงนิดเดียว โดยผู้วิจัยทำการอภิปรายมโนทัศน์หลัก และข้อ  
โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ไม่ได้อภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
และวิธีการพัฒนากระบวนการทดลองของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผล  
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ระยะเวลาก่อนจะหมดคาบเรียนเหลือเพียงแค่ 10 นาทีทำให้มีเวลาอธิบาย  
ความรู้และอภิปรายกับนักเรียนไม่เพียงพอ ทำให้สามารถอธิบายได้แต่มโนทัศน์หลัก  
และอธิบายมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงเกี่ยวกับเนื้อหาบทเรียนได้เพียงเล็กน้อย  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 15 มกราคม 2561)

ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการจัดกิจกรรมในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคน ได้นำข้อโต้แย้งขั้นตอนของกลุ่มตนเองไปแก้ไขและเขียนลงในรายงานผลการทดลองซึ่งจะต้องจัดทำเป็นรายบุคคลส่งผู้วิจัยในคาบเรียนถัดไป

### ขั้นเขียนผลสำรวจ

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเขียนรายงานผลการทดลองรายบุคคลเกี่ยวกับการทดลองที่ได้ทำไปในขั้นก่อนหน้า โดยรายงานผลการทดลองจะประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์ของการทดลอง คำถามนำการทดลอง อุปกรณ์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง และข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

จากการตรวจสอบรายงานผลการทดลองที่นักเรียนนำกลับไปทำและกลับมาส่งในคาบที่ 3 การที่ให้นักเรียนนำกลับไปทำที่บ้านแล้วจึงนำมาส่งในคาบเรียนอีกครั้ง ทำให้นักเรียนมีระยะเวลาในการเขียนผลสำรวจเพียงพอต่อการคิดวิเคราะห์ และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาใส่ในรายงานผลการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การที่ให้นักเรียนนำผลสำรวจไปเขียนเป็นการบ้านแล้วนำมาส่งในคาบถัดไป ทำให้นักเรียนมีเวลาในการคิดและเขียนผลสำรวจได้ดี  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถเขียนผลสำรวจได้อย่างดีเพราะมีเวลาเพียงพอในการคิดวิเคราะห์และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน ในขณะที่นักเรียนบางกลุ่มสามารถมาทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาหลักฐานที่ถูกต้องแล้วนำเสนอเชื่อถือให้เพียงพอต่อการตอบคำถามนำการทดลอง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

นักเรียนบางคนหาข้อมูลจากแหล่งภายนอกมาเพิ่มเติม แต่ข้อมูลที่นักเรียนหามาเพิ่มเติมในรายงานผลการทดลองไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา หรือนักเรียนเรียนบางคนนำทฤษฎีมาวางไว้ในส่วนของหลักฐาน แต่ไม่ได้อธิบายความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องกับผลการทดลองหรือข้อกล่าวอ้างของตน โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางคนเพิ่มข้อมูลหรือทฤษฎีที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองของตน และมีนักเรียนบางส่วนที่ใส่ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาแต่ไม่ได้บอกถึงความสัมพันธ์หรือไม่ได้ใช้ในการอภิปรายผลการทดลองของตน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

ผู้วิจัยพบว่ารายงานผลการทดลองบางส่วนสามารถเขียนในส่วนของ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดี มีข้อกล่าวอ้างที่สัมพันธ์กับคำถามนำการทดลอง โดยระบุ หลักฐานและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจน โดยผู้วิจัย ได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนรายงานผลการทดลองรายบุคคลได้ในระดับดี มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนและสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างที่ตอบคำถามทำการทดลองได้ในระดับดีแสดงให้เห็นถึงการให้เหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ดี

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

มีจุดบกพร่องในการเก็บข้อมูลเนื่องจากนักเรียนได้วัดความเข้มและขนาดของเงา มีดและเงามัวรวมกันซึ่งไม่ถูกต้องนักเรียนบางส่วนสามารถวิจารณ์ได้ว่าควรวัดเงามีดและเงามัว ในลักษณะใด นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางส่วนทำการทดลองเพื่อวัดขนาดของเงาที่เกิดขึ้นบนฉาก จากระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุกับระยะห่างระหว่างวัตถุและฉากซึ่งนักเรียน ส่วนใหญ่ไม่สามารถทำได้ถูกต้องของนักเรียนที่วัดโดยใช้ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ วัตถุแตกต่างกันไม่ได้กำหนดให้ระยะห่างระหว่างวัตถุและค่าคงที่ในทางตรงกันข้ามนักเรียนที่วัด โดยใช้ระยะห่างระหว่างวัตถุและฉากแตกต่างกันไม่ได้กำหนดให้ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสง และวัตถุคงที่ซึ่งทำให้ผลการทดลองที่ออกมา นั้นคลาดเคลื่อนและทำให้การสรุปผลการทดลอง คลาดเคลื่อน และมีนักเรียนบางส่วนคัดลอกรายงานผลการทดลองมาส่งผู้วิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยมีการบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางส่วนคัดลอกรายงานผลการทดลองของเพื่อน ไม่ได้คิดวิเคราะห์สรุปผลหรืออธิบายด้วยตนเอง

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...รายงานผลการทดลองบางเล่มคัดลอกกันมา อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่ได้บันทึกกระบวนการทดลอง หรือไม่ได้บันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง จึงใช้ข้อมูลของเพื่อนเพื่อเขียนรายงานผลการทดลองของตนเอง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

### ขั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน

นักเรียนแต่ละคนจะต้องส่งสำเนารายงานผลการทดลอง 3 ฉบับ โดยไม่ต้องเขียนชื่อลงในรายงาน แต่ครูจะทำหมายเลขไว้ และสุ่มให้นักเรียนแต่ละคนวิจารณ์รายการทดลองโดยไม่รู้ว่าเป็นใคร นักเรียนแต่ละคนจะต้องวิจารณ์ทั้งหมด 3 ฉบับ โดยวิจารณ์ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนจากหลักฐานที่น่าเสนอและเหตุผลสนับสนุน โดยคำนึงความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์

คาบเรียนที่ 3 และ 4 วันที่ 18 มกราคม 2561 ทั้งหมด 2 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยในคาบเรียนก่อนหน้านี้นำส่งรายงานผลการทดลองรายบุคคลพร้อมสำเนา 3 ฉบับโดยผู้วิจัยได้ทำการปกปิดชื่อของนักเรียนที่ทำรายงานผลการทดลองในแต่ละฉบับและใส่รหัสเพื่อยืนยันตัวตนโดยไม่ให้นักเรียนรู้ จากนั้นได้นำรายงานผลการทดลองที่ไม่มีชื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้ทำการวิจารณ์ว่ารายงานผลการทดลองแต่ละฉบับนั้นสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ซึ่งการสุ่มให้นักเรียนวิจารณ์รายการทดลองของเพื่อนโดยไม่ระบุตัวตนทำให้นักเรียนสามารถวิจารณ์ได้โดยไม่มีอคติ และวิจารณ์จากความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การเขียนรหัสในรายงานผลการทดลองเพื่อไม่ให้นักเรียนรู้ว่าตนได้วิจารณ์รายงานผลการทดลองของใครทำให้นักเรียนไม่มีอคติในการวิจารณ์

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถเขียนวิจารณ์รายงานผลการทดลองได้อย่างเต็มที่เพราะไม่รู้วาทนกำลังวิจารณ์รายงานผลการทดลองของใครอยู่ทำให้ไม่มีอคติต่อผู้เขียนและวิจารณ์เฉพาะส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่มีหลักฐานมาสนับสนุน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

โดยในคาบเรียนดังกล่าวผู้วิจัยได้สุ่มแจกรายงานผลการทดลองที่ไม่ระบุชื่อผู้เขียนสุ่มแจกให้นักเรียนแต่ละคนคนละ 3 ฉบับ นักเรียนแต่ละคนจะต้องทำการวิจารณ์ในงานที่ตนได้รับมอบหมายภายในเวลา 30 นาทีโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เขียนรายงานฉบับนั้นได้รับคำวิจารณ์หรือคำแนะนำเกี่ยวกับรายงานเพื่อนำไปพัฒนารายงานผลการทดลองให้นำเชื่อถือและถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิทยาศาสตร์ ในช่วงนี้นักเรียนส่วนมากไม่สามารถให้คำแนะนำหรือวิจารณ์รายงานของเพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องให้คำแนะนำรายบุคคลเกี่ยวกับวิธีการและแนวทางในการวิจารณ์รายงานผลการทดลอง ในขั้นตอนนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิจารณ์รายงานผลการทดลองของผู้อื่นได้และได้ตระหนักถึงความผิดพลาดในรายงานผลการทดลองของตนเองจากการวิจารณ์รายงานผลการทดลองของผู้อื่นและได้เห็นวิธีการที่แตกต่างในการนำไปสู่คำตอบในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

การวิจารณ์รายงานผลการทดลองของนักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนวิจารณ์ผลการทดลองของเพื่อนที่สุ่มมาได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...เขียนวิจารณ์การทดลองได้ดี นักเรียนตั้งใจวิจารณ์รายงานผลการทดลองโดยดูข้อมูลจากทุกส่วนในรายงานผลการทดลอง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

ในขั้นตอนนี้นักเรียนใช้ระยะเวลาในการวิจารณ์รายงานผลการทดลองของเพื่อนนานเกินกว่าที่กำหนด เพราะนักเรียนไปวิจารณ์ทีละส่วนทำให้เสียเวลาในการวิจารณ์ส่วนการออกแบบและตารางเก็บข้อมูลมากเกินไป โดยไม่ได้ใช้เวลาในการวิจารณ์ในส่วนของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หรือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน

และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ครูให้นักเรียนแต่ละคนอธิบายข้อผิดพลาดหรือเสนอแนะ ในสำเนาของเพื่อนแต่ละคนใช้เวลาค่อนข้างมาก

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...ระยะเวลาในการให้เด็กนักเรียนทำกิจกรรมมีค่อนข้างมากแต่ไม่ได้แบ่งระยะเวลาในการจัดกิจกรรมในแต่ละส่วนได้อย่างเหมาะสมในส่วนของรายงานผลการทดลองนักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมากในขณะที่ในส่วนของกาให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างน้อยทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวิเคราะห์กาให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อนได้อย่างเหมาะสม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

นักเรียนบางส่วนวิจารณ์รายงานผลการทดลองของเพื่อนไม่ทันตามเวลาที่กำหนด อาจเป็นเพราะกิจกรรมมีหลายส่วนมากเกินไป รายงานผลการทดลองที่มีส่วนที่ไม่จำเป็นจะต้องวิจารณ์แต่ใช้ข้อมูลในส่วนนั้นประกอบในการวิจารณ์กาให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ควรลดกิจกรรมลงเนื่องจากเวลาจำกัดทำให้การทำกิจกรรมไม่เสร็จถึง

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...ส่วนประกอบในรายงานผลการทดลองที่นักเรียนทุกคนจะต้องวิจารณ์มีมากเกินไปทำให้นักเรียนไม่สามารถใช้เวลาในส่วนของกาให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มที่

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)



### ขั้นตอนทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน

นักเรียนแต่ละคนจะได้รับรายงานผลการทดลองที่ได้รับการวิจารณ์เรียบร้อยแล้ว และนักเรียนจะต้องทำการแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้วิจารณ์ แต่หากไม่แก้ไขเขียนเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ทำตามคำแนะนำ และส่งรายงานที่แก้ไขแล้วให้ครู

หลังจากนักเรียนทุกคนได้วิจารณ์รายงานผลการทดลองของผู้อื่นเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้แจกจ่ายรายงานผลการทดลองของนักเรียนคืนสู่เจ้าของเพื่อที่นักเรียนเจ้าของรายงานผลการทดลองจะได้นำคำวิจารณ์คำแนะนำไปแก้ไขรายงานผลการทดลองของตนเองให้ถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิทยาศาสตร์หรือแก้ไขส่วนของการอภิปรายผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งพบว่าระยะเวลาในการที่ครูคืนรายงานผลการทดลองสู่เจ้าของใช้เวลานานเกินไป โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ระหว่างการคืนได้งานและหาข้อผิดพลาดใช้เวลานานเกินไป  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...ใช้เวลาในการคืนรายงานผลการทดลองให้เจ้าของมากเกินไป ในขณะที่ช่วงเวลาที่นักเรียนใช้ในการแก้ไขรายงานผลการทดลอง มีน้อยเกินไป  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

นักเรียนส่วนใหญ่จะแก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำแนะนำของผู้วิจารณ์ เพื่อให้สิ่งที่ตนอธิบายของการทดลองและข้อโต้แย้งของตนนั้นน่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์มากขึ้น นักเรียนบางส่วนพบว่าข้อมูลที่ตนเพียงในตอนแรกไม่เพียงพอ จึงได้ทำการไปหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองทำให้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตนที่เขียนลงไปในงานของการทดลองน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางส่วนสามารถแก้ไขและพัฒนารายงานผลการทดลองของตนได้ดี  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

...นักเรียนบางคนสามารถพัฒนารายงานผลการทดลองได้จากการที่เห็นรายงานผลการทดลองของเพื่อนข้อมูลส่วนตัวของตนที่ขาดหายหรือข้อมูลส่วนตัวของตนที่ถูกวิจารณ์ก็สามารถแก้ไขให้ถูกต้องและน่าเชื่อถือได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

ในขณะที่เดียวกันก็มีนักเรียนบางส่วนที่ไม่ยอมแก้ไขรายงานผลการทดลอง และไม่บอกเหตุผลว่าทำไมถึงไม่แก้ตามคำวิจารณ์และคำแนะนำ เมื่อนักเรียนแต่ละคนแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วจะส่งรายงานผลการทดลองฉบับสุดท้ายให้แก่ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางคนไม่แก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำวิจารณ์ของเพื่อนและไม่บอกเหตุผลว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 18 มกราคม 2561)

### 1.3 สรุปผลการสะท้อน

จากข้อเสนอของแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจากการศึกษา ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ มีประเด็นและรายละเอียดที่สำคัญที่จะต้องนำไปปรับใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ วงรอบที่ 2 ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

**ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 2 คือ

1. เวลา เพราะวงรอบนี้ผู้วิจัยใช้เวลาในการอธิบายสถานการณ์รวมทั้งอธิบายแนวทางการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์นานเกินไป ควรปรับวิธีการอธิบายแนวทางการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ให้กระชับและตรงประเด็นมากขึ้น รวมถึงปรับแก้วิธีการอธิบายสถานการณ์ สถานการณ์ โดยอาจจะใช้คำถามกระตุ้นเด็กให้น้อยลงแต่ยังคงการดึงความสนใจเด็กไว้อยู่ โดยจะเน้นไปที่คำถามที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำลังจะศึกษาโดยตรง แนะนำไปที่สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนเลย ในการจัดกิจกรรมในวงรอบที่ 1 ผู้วิจัยใช้เวลานานมากเกินไป อาจเป็นเพราะใช้รูปแบบวิธีการสอนแบบใหม่ซึ่งนักเรียนไม่คุ้นชินไม่เคยเรียนรู้ด้วยวิธีการนี้มาก่อน จึงทำให้มีข้อสงสัยหรือข้อติดขัดทำให้ผู้สอนจำเป็นต้องใช้เวลาอธิบายนาน รวมถึงนักเรียนตั้งใจที่จะเลือกตัวแปรและคำถามนำการทดลองให้สอดคล้องกันรวมถึงนักเรียนคิดล่วงหน้าไปถึง

การออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลตัวแปรที่ตนเลือกกว่าจะเป็นไปได้หรือไม่และมีอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการเก็บข้อมูลที่ตนต้องการหรือไม่ รวมถึงเนื้อหานี้เป็นเนื้อหาใหม่ที่นักเรียนเพิ่งเคยเจออาจจะไม่คุ้นชินและไม่มีความรู้เบื้องต้นที่จะตั้งคำถามนำการทดลองได้ นักเรียนจึงใช้เวลาในการหาข้อมูลและคิดวิเคราะห์ว่าควรจะต้องตั้งคำถามในการทดลองแบบใด เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลและการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

2. คำชี้แจงเกี่ยวกับอุปกรณ์ เพราะในวงรอบที่ 1 ผู้สอนละเลยการชี้แจงวิธีการใช้อุปกรณ์และข้อควรระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์ทำให้นักเรียนใช้เวลาในการตั้งคำถามนำการทดลองงานเพราะไม่รู้จักอุปกรณ์และไม่สามารถจินตนาการถึงรูปแบบการทดลองได้ อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นชินกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องตั้งคำถามการทดลองเอง ผู้วิจัยจึงจะทำการแก้ปัญหา ยกตัวอย่างการตั้งคำถามทางการทดลองในประเด็นที่เกี่ยวข้องหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนตั้งคำถามการทดลองเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพและสามารถตั้งคำถามการทดลองในลักษณะเดียวกันได้ โดยผู้วิจัยจะหลีกเลี่ยงการชี้แนะตัวแปรหรือวิธีการทดลองให้กับนักเรียน จะทำให้นักเรียนไม่ได้คิดคำถามนำการทดลองและออกแบบการทดลองด้วยตนเองรวมถึงตัวแปรและวิธีการทดลองที่นักเรียนจะเลือกใช้จะคล้ายคลึงกันทั้งห้อง จึงจำเป็นที่จะต้องระมัดระวังในการยกตัวอย่างการทดลองที่คล้ายคลึงกันไม่ให้ตายคือกันมากเกินไป แต่ก็ไม่ให้ต่างกันมากเกินไปจนนักเรียนไม่สามารถหาแนวทางในการตั้งคำถามทำการทดลองหรือออกแบบวิธีการทดลองไม่ได้

**ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 2 คือ

1. การควบคุมชั้นเรียน เพราะพฤติกรรมนักเรียนในวงรอบที่ 1 มีนักเรียนบางคน ไม่ช่วยเพื่อนในกลุ่มออกแบบวิธีการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล ทำให้นักเรียนใช้เวลาในช่วงนี้เป็นไปอย่างช้าและนักเรียนบางส่วนไม่เกิดการคิดวิเคราะห์และเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะทำการควบคุมชั้นเรียนให้ดีขึ้นโดยจะเดินตรวจดูพฤติกรรมตามกลุ่มต่างๆ เพื่อไม่ให้นักเรียนเล่นกันหรือไม่ให้มีนักเรียนที่ไม่ร่วมกันทำงานกับเพื่อนในกลุ่ม จะคอยถามกระตุ้นนักเรียนที่ไม่สนใจหรือไม่ช่วยทำงานในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนคนนั้นได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องการจะเก็บเพื่อตอบคำถามทำการทดลองโดยผู้วิจัยอาจจะช่วยแนะแนวทางโดยการถามให้ตรงประเด็นกับคำถามนำและถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดถึงตัวแปรที่ตนต้องการจะเก็บข้อมูลและตารางใช้เก็บข้อมูลที่กลุ่มของนักเรียนต้องการรวมถึงวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. ตัวแปรที่นักเรียนเลือก เพราะในวงรอบที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่เลือกตัวแปรที่จะทำการทดลองและเก็บข้อมูลใกล้เคียงกันเนื่องจากนักเรียนไม่มีแนวทางใหม่ ๆ ในการเก็บข้อมูลหรือตัวแปร เป็นเพราะนักเรียนไม่รู้จักรูปกรณ์ทำให้ไม่สามารถคิดและออกแบบวิธีการทดลองที่จะเก็บตัวแปรที่ต่างจากเพื่อนได้ นักเรียนบางกลุ่มสามารถคิดตัวแปรที่ตนต้องการจะเก็บที่ต่างจากเพื่อนและมีความหลากหลายในครั้งแรกแต่เนื่องจากเกิดปัญหาในการออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล นักเรียนบางคนยอมแพ้ไม่สามารถเพราะไม่สามารถออกแบบวิธีการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูลตัวแปรที่ต้องการได้เหมาะสม จึงเลือกที่จะใช้ตัวแปรข้อมูลง่ายกว่าที่คล้ายคลึงกับเพื่อนในห้อง ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะถามคำถามกระตุ้น เพื่อให้ นักเรียน ได้เลือกตัวแปรที่สามารถทำการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ รวมถึงแนะนำอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับตัวแปรที่นักเรียน บางครั้งหากนักเรียนเรื่องตัวแปรที่คล้ายคลึงกันผู้วิจัยอาจจะนำเสนอตัวแปรใหม่หรือวิธีการในการเก็บข้อมูลที่แตกต่างจากเพื่อนเพื่อให้ได้ความหลากหลายของตัวแปรซึ่งจะต่อให้เกิดโอกาสที่นักเรียนจะได้โต้แย้งกันในภายหลัง

3. อุปกรณ์ในการทดลอง เพราะในวงรอบที่ 1 อุปกรณ์บางชิ้นชำรุดเสียหายและอุปกรณ์บางชิ้นไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักเรียนที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลนักเรียนจึงต้องเสียเวลาในการซ่อมแซมอุปกรณ์และนักเรียนบางส่วนใช้เวลาในการประยุกต์อุปกรณ์ที่มีอยู่เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่สามารถใช้งานทดแทนอุปกรณ์ที่ตนต้องการ ในขณะที่นักเรียนบางส่วนไม่รู้จักรูปกรณ์ใช้งานอุปกรณ์ที่มีอยู่ทำให้เสียเวลาต้องมาศึกษาวิธีใช้งานก่อนเริ่มทำการทดลองก่อนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะตรวจเช็คอุปกรณ์ทุกชิ้นว่าสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่และศึกษา ทางวิธีคิดวิธีการทดลอง ให้อีกหลายมากขึ้นเพื่อที่จะได้เตรียมการอุปกรณ์นักเรียนจำเป็นต้องใช้ไว้ให้หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานอุปกรณ์การทดลองของนักเรียน เครื่องช่างโอกาสที่นักเรียนจะเลือกตัวแปรที่เป็นไปได้ให้หลากหลายแตกต่างจากเพื่อนในห้องซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในภายหลัง ผู้วิจัยจัดเตรียมอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการในเรื่องที่เชื่อมโยงกับประเด็นที่จะใช้ศึกษาในวงรอบที่ 2 เอาไว้เผื่อนักเรียนต้องการใช้จะได้ไม่เสียเวลาในการค้นหาหรือประยุกต์ใช้อุปกรณ์ รวมถึงผู้วิจัยจะอธิบายรายละเอียดอุปกรณ์สำคัญที่จำเป็นต้องใช้ เช่น วิธีการต่ออุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงเข้ากับตัวจ่ายพลังงาน รวมถึงวิธีการใช้อุปกรณ์ที่นักเรียนหลายกลุ่มเลือกใช้ และเดินตรวจตราตามกลุ่มต่างๆ ในขณะที่นักเรียนทำการทดลองเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้และการต่ออุปกรณ์ หากขั้นตอนใดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์และการออกแบบการทดลองผู้วิจัยจะให้ความช่วยเหลือในการต่ออุปกรณ์การทดลองเพื่อให้เป็นไปตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้

ซึ่งจะสามารถลดเวลาในการทดลองไปได้มาก นอกจากนี้ผู้วิจัยจัดให้คำแนะนำรายกลุ่ม เพื่อกำหนดตัวแปรควบคุมรวมถึงอภิปรายกับนักเรียนในแต่ละกลุ่มเพื่อหาวิธีป้องกันไม่ให้ข้อมูลที่นักเรียนเก็บมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อน หรือไม่ตรงกับคำถามนำการทดลอง โดยจะไม่เน้นให้คำตอบกับเด็กโดยตรงแต่จะถามคำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิด

**ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ใน วงรอบที่ 2 คือ

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล เพราะในวงรอบที่ 1 นักเรียนไม่มีพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นที่ทำการศึกษาร ื่องแ่งและเงาทำให้นักเรียนบางส่วนแปลผลข้อมูลค่าเครื่องเพราะความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้น และมีนักเรียนบางส่วนที่วัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องหรือวัดข้อมูลที่ผิดพลาดเช่นนักเรียนบางส่วน วัดขนาดของเงามัวรวมไปกับขนาดของเงามืดทำให้การวิเคราะห์ผลและการแปลผลขั้นเคลื่อนไป จากความเป็นจริงและทฤษฎี ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะกระตุ้นให้นักเรียนหาความรู้พื้นฐานจากแหล่ง ความรู้ภายนอกที่นอกเหนือจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพียงเท่านั้นโดยจะให้นักเรียนหาความรู้ เกี่ยวกับประเด็นที่จะต้องศึกษามาก่อนที่จะทำการทดลอง และผู้วิจัยจะเดินตรวจตราตามกลุ่ม เพื่ออภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียน อาจมีข้อผิดพลาดหรือคาด เคลื่อนมากเกินไปผู้วิจัยจะทำการดำเนินการแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นในทันที โดยจะหลีกเลี่ยงการบอกนักเรียนโดยตรงแต่จะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงสิ่งที่นักเรียน ได้แปลผลการทดลอง

2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ เพราะในวงรอบที่ 1 มีนักเรียนบางกลุ่ม ใช้อุปกรณ์เฉพาะที่ไม่เหมือนกับกลุ่มอื่น และนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ชิ้นนั้น น้อยทำให้การวิเคราะห์ผลและการแปลผลที่อ้างอิงถึงอุปกรณ์ชิ้นนั้นคาดเคลื่อนไป ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์กับนักเรียนในแต่ละกลุ่ม หากนักเรียนใช้อุปกรณ์เฉพาะ ที่ไม่เหมือนกับกลุ่มอื่นและอุปกรณ์ชิ้นนั้นมีผลกระทบต่อกรทดลองโดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับ อุปกรณ์เท่านั้นแต่จะหลีกเลี่ยงการให้คำตอบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองของนักเรียน เพื่อที่นักเรียนจะได้นำข้อมูลนั้นไปคิดวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

**ขั้นการโต้แย้ง** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 2 คือ

การควบคุมการโต้แย้งของนักเรียน เพราะในวงรอบที่ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่ม ใช้เวลาในการนำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเองมากเกินไปทำให้เพื่อนในห้องมีโอกาสในการถาม คำถามน้อยลงซึ่งผิดจุดประสงค์ของการโต้แย้ง และนักเรียนบางคนโต้แย้งโดยไม่อ้างอิงหลักฐาน

หรือโต้แย้งในประเด็นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ซึ่งทำให้เสียเวลาในการอธิบายที่นอกประเด็น มากจนเกินไป และส่งผลให้เกิดการอภิปรายในมโนทัศน์หลังน้อยเกินไป ในวงล้อมที่ 2 ผู้วิจัย จะเน้นให้นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอพูดเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่ม ตนเองเท่านั้นอาจจะพูดเกี่ยวกับตัวแปรและวิธีการทดลองสั้นๆ และควบคุมไม่ให้นักเรียนถาม คำถามหรือโต้แย้งนอกประเด็นมากเกินไป หากเกิดกรณีเช่นนั้นผู้วิจัยจะถามคำถามเพื่อกระตุ้น ให้นักเรียนกลับมาประเด็นหลักที่ทำการทดลอง และถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียน เกิดการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์หลักมากขึ้น

**ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ ในวงรอบที่ 2 คือ

ระยะเวลาในการจัดกิจกรรม เพราะในวงรอบที่ 1 การจัดการเรียนรู้ในขั้นอื่น ใช้เวลามากเกินไปจนทำให้การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้เหลือเวลาเพียงนิดเดียว ผู้วิจัยจะทำการแก้ไข โดยการจัดสรรเวลาในการจัดกิจกรรมขั้นอื่นให้น้อยลงและไม่เกินเวลา หากเกิดกรณีที่เหลือเวลา น้อยอีกผู้วิจัยจะอภิปรายเฉพาะประเด็นหลักโดยจะพูดให้ตรงประเด็นมากที่สุดและให้ครอบคลุม เนื้อหาทั้งหมดที่นักเรียนต้องใช้ในขั้นถัดไป โดย อาจจะละทิ้งการอธิบายเชิงสะท้อนเกี่ยวกับวิธีการ ทดลองรายกลุ่มแต่จะอภิปรายเชิงสะท้อนเกี่ยวกับข้อโต้แย้งขั้นต้นของนักเรียน และยกตัวอย่าง ข้อโต้แย้งที่น่าสนใจบางกลุ่มเท่านั้น หากนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็น ที่จำเป็นต้องแก้ไขเร่งด่วน ผู้วิจัยจะอธิบายเพื่อแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนทันที หากเป็น ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเล็กน้อยไม่จำเป็นต้องแก้ไขทันที ผู้วิจัยจะพูดถึงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียน ไปหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นด้วยตนเอง

**ขั้นเขียนผลการสำรวจ** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 2 คือ

รายงานผลการทดลองของนักเรียน เพราะในวงรอบที่ 1 มีนักเรียนบางส่วน คัดลอกรายงานผลการทดลองของเพื่อนเพื่อนำมาส่งผู้วิจัย และมีนักเรียนบางส่วนหาข้อมูล มาเพิ่มเติมแต่ข้อมูลที่นักเรียนหามาเพิ่มเติมนั้นไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองหรือนักเรียนบางส่วน ยกทฤษฎีมาใส่ไว้ในรายงานผลการทดลองโดยไม่อธิบายว่าทฤษฎีที่ตนหามา นั้นเกี่ยวข้องกับ ข้อกล่าวอ้างหรือสนับสนุนผลการทดลองของตนอย่างไร ผู้วิจัยจะแก้ไขในวงรอบที่ 2 โดยการ บอกรายละเอียดเกี่ยวกับการเขียนรายงานผลการทดลองให้ละเอียดขึ้นโดยจัดให้ไปงานและหัวข้อ ที่นักเรียนจำเป็นต้องเขียนลงในรายงานผลการทดลองเพื่อให้นักเรียนเขียนรายงานผล การทดลองได้ตรงประเด็นและครบถ้วนตามทุกหัวข้อที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

**ขั้นการสู่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 2 คือ

กิจกรรมมีหลากหลายองค์ประกอบมากเกินไปและมีการจัดสรรเวลาที่ไม่เหมาะสม ในวงรอบที่ 1 กิจกรรมการวิจารณ์รายงานผลการทดลองโดยไม่ระบุตัวตนมีหลายองค์ประกอบให้นักเรียนวิจารณ์มากเกินไปทำให้ส่วนที่สำคัญนั่นคือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละคน ไม่ได้รับการวิจารณ์อย่างเหมาะสมเพราะเวลาไม่เพียงพอเนื่องจากนักเรียนใช้เวลาในการวิจารณ์ส่วนอื่นของรายงานผลการทดลองมากเกินไป เช่น การสะกิดคำผิดหรือความสวยงามทำการจัดหน้าจัดรูปแบบของรายงานผลการทดลองซึ่งในวงรอบที่ 2 ก่อนที่จะเริ่มการวิจารณ์รายงานผลการทดลองแบบไม่ระบุตัวตนผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์ส่วนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนนั่นคือให้วิจารณ์ส่วนของการสรุปผล ข้อกล่าวอ้างที่ตอบคำถามนำการทดลอง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นและคำชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยจะยกตัวอย่างการวิจารณ์รายงานผลการทดลองของเพื่อนในห้อง 1 ฉบับเพื่อเป็นแนวทางให้จัดนักเรียนในการวิจารณ์รายงานผลการทดลอง หากนักเรียนวิจารณ์รายงานผลการทดลองส่วนที่เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เสร็จสิ้นแล้วจึงค่อยไปวิจารณ์ในส่วนอื่น

**ขั้นทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 2 คือ

1. การแก้ไขรายงานผลการทดลอง ในวงรอบที่ 1 นักเรียนบางคนละเลยการแก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำวิจารณ์ของเพื่อนในห้อง ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้นักเรียนได้อ่านคำวิจารณ์ของเพื่อนและเลือกว่าใครที่จะแก้ไขตามคำสั่งนั้นหรือไม่ด้วยหากนักเรียนคนใดไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น ผู้วิจัยจะให้นักเรียนคนนั้นเขียนเหตุผลว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น โดยขณะที่นักเรียนใช้เวลาในการแก้ไขรายงานของตนเองผู้วิจัยจะเดินตรวจเป็นรายบุคคลเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการแก้ไขรายงาน

2. ระยะเวลาในการแก้ไขรายงานผลการทดลอง เพราะช่วงในการคืนรายงานผลการทดลองสู่เจ้าของของวงรอบที่ 1 ใช้เวลานานเกินไป เพราะผู้วิจัยเป็นผู้ส่งรายงานคืนให้นักเรียนด้วยตนเองจึงดำเนินการเป็นไปอย่างล่าช้า ในวงรอบที่ 2 หลังจากเสร็จสิ้นการวิจารณ์ผลการทดลองของนักเรียนทุกคนแล้วผู้วิจัยจะนำรหัสที่เขียนติดไว้บนรายงานผลการทดลองฉายบนโปรเจคเตอร์หน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้ดูรหัสประจำรายงานผลการทดลองว่ารายงานผลการทดลองที่ตนวิจารณ์ไปนั้นเป็นของใครและนำรายงานผลการทดลองส่งคืนสู่เจ้าของ

## 2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและการถนอมสายตา

### 2.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามผลการสะท้อนผลของการปฏิบัติจากวงรอบก่อนหน้านี โดยก่อนเริ่มคาบเรียนผู้วิจัยจะให้นักเรียนไปหาข้อมูลเรื่องการถนอมสายตาตามล่องหน้า และทำการปรับวิธีการนำเสนอประเด็นทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด โดยเสนอสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจเล็กน้อยก่อนตรงเข้าสู่ประเด็นที่จะสืบสอบโดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ได้ตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแว่นตากันแดดเพื่อถนอมสายตาที่หลากหลายหลาก ซึ่งผู้วิจัยจะทำการยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำการทดลองในการตรวจสอบความยาวคลื่นแสงและคำนวณหาพลังงานที่ผ่านเลนส์สีและประเภทที่แตกต่างกันเพื่อให้นักเรียนได้เห็นมุมมองในการเลือกและวิธีการวัดตัวแปรใหม่ๆ กระตุ้นนักเรียนระหว่างดำเนินการทดลอง ควบคุมการโต้แย้งของนักเรียนให้ตรงประเด็นและกำหนดให้กลุ่มนำเสนออธิบายในส่วนของข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ก่อน รวมทั้งควบคุมการเขียนรายงานและวิจารณ์ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามหลักการทางวิทยาศาสตร์และอภิปรายกันตรงประเด็นโดยอ้างอิงจากหลักฐาน

### 2.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้เริ่มทำตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ที่ได้วางแผนและปรับแก้จากขั้นเตรียมการก่อนหน้านี โดยใช้คาบเรียนในช่วงเวลาเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 คาบเรียนที่ 1 และ 2 วันที่ 22 มกราคม 2561 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และคาบเรียนที่ 3 และ 4 วันที่ 25 มกราคม 2561 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 4 คาบ ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนในห้องเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 34 คน แต่มีนักเรียนที่เข้าร่วมในการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 2 จำนวน 28 คนเป็นนักเรียนชาย 27 คน และนักเรียนหญิง 1 คน โดยผู้วิจัยได้ตั้งกลองวิธีโอเออาไว้หลังห้องเรียนเพื่อทำการบันทึกขณะเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการจัดกิจกรรมโดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเป็นผู้สะท้อนผลและเข้าร่วมการนิเทศ โดยใช้แบบสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการศึกษาสามารถแยกตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ

ในขั้นตอนนี้ ครูจะระบุเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่จะทำการสืบสอบโดยกล่าวถึงความสำคัญ ปัญหา หรือ เหตุผลที่จะต้องทำการสืบสอบของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์และสร้างคำถามนำการทดลองร่วมกับนักเรียน กรณีที่มีอุปกรณ์การทดลอง



ที่มีวิธีการใช้งานซับซ้อนหรือการทดลองเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ ครูจะชี้แจงวิธีการใช้งานและข้อระมัดระวังเหล่านั้น

การอธิบายแนวทางการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ระดับและตรงประเด็นมากขึ้น อธิบายสถานการณ์และกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง แสงและการถนอมสายตา โดยใช้สถานการณ์การสร้างแว่นตากันแดดเพื่อถนอมสายตา โดยให้คำเนื่งถึงชนิดและสีของเลนส์ที่จะนำมาใช้เพื่อประกอบเป็นแว่นสายตา ซึ่งมีวิธีการในการทดลองที่หลากหลายเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ตอบคำถามว่า ชนิดและสีของเลนส์แบบใดที่เหมาะสมที่จะนำมาประกอบแว่นกันแดดเพื่อถนอมสายตา และคำตอบของประเด็นดังกล่าวยังมีหลากหลายเพราะสีของแว่นตากันแดดนั้นมีผลต่อการถนอมสายตาแต่ก็เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบที่ต่างกัน โดยครูผู้มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาฟิสิกส์และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...กำหนดสถานการณ์และคำถาม รวมถึงเตรียมอุปกรณ์ให้นักเรียนคิดได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...สถานการณ์ที่เลือกสถานการณ์ที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

ผู้วิจัยยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำการทดลองในประเด็นที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อให้แนวทางในการตั้งคำถามนำการทดลองในลักษณะเดียวกันได้ในขั้นตอนนี้นักเรียนให้ความร่วมมือในการตอบคำถามที่ผู้วิจัยถามเพื่อกระตุ้น และดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ผู้สอนเดินดูนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมอย่างทั่วถึง นักเรียนให้ความร่วมมือ

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

### **ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล**

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกแบบขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงข้อมูลที่ต้องการจะเก็บเพื่อนำมาตอบคำถาม

นำการทดลอง โดยที่นักเรียนจะดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อครูตรวจความสมบูรณ์ของผลการออกแบบ

หลังจากนักเรียนตั้งคำถามนำการทดลองเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้อธิบายวิธีการดำเนินกิจกรรมในขั้นนี้ โดยให้นักเรียนทำการออกแบบวิธีการทดลอง และดำเนินการทดลอง หลังจากที่ผู้วิจัยได้ตรวจวิธีการออกแบบเรียบร้อยแล้ว นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้อธิบายรายละเอียดอุปกรณ์สำคัญที่จำเป็นต้องใช้โดยอ้างอิงจากตัวแปรที่นักเรียนใช้ในขั้นก่อนหน้า โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

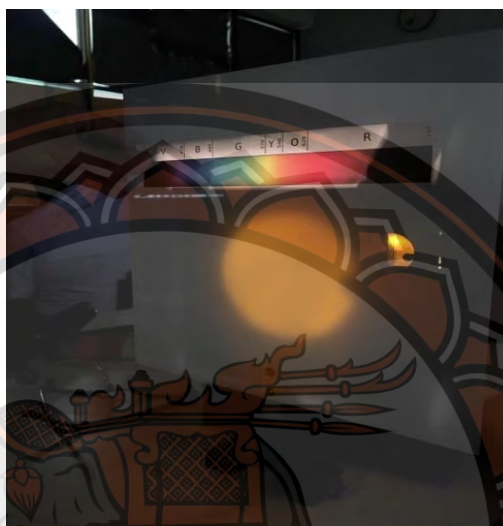
...กำหนดรูปแบบการจัดกิจกรรม และอธิบายอุปกรณ์การทดลองได้ชัดเจน  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...แนะนำอุปกรณ์และวิธีใช้งานได้ดี นักเรียนสามารถเลือกใช้และดำเนินกิจกรรมการทดลองได้ดี  
(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 มกราคม 2561)

จากการเดินตรวจสอบระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้พบว่า ตัวแปรที่นักเรียนเลือกมีความคล้ายคลึงกัน คือชนิดและสีของเลนส์ แต่มีวิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลแตกต่างกัน เช่น บางกลุ่มดูความสามารถในการหักเหแสงของเลนส์แบบต่างๆ บางกลุ่มวัดความถี่คลื่นแสงที่ผ่านแผ่นกรองแสงสีต่างๆเพื่อนำมาคำนวณหาพลังงานของแสงที่ผ่านเลนส์ บางกลุ่มวัดความเข้มแสงสีขาวที่ผ่านเลนส์ชนิดต่างๆ มีนักเรียนบางกลุ่มที่เลือกตัวแปรแตกต่างออกไปโดยใช้แผ่นโพลาริซเซอร์ 2 แผ่นบิดทำมุมกันเพื่อวัดความเข้มแสงที่ผ่านแผ่นโพลาริซเซอร์ทั้ง 2 ในมุมต่างๆกัน โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนหลายกลุ่มมีตัวแปรคล้ายคลึงกัน แต่มีวิธีการทดลองแตกต่างกัน โดยเฉพาะบางกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์แตกต่างจากเพื่อนในห้อง  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

ระหว่างที่นักเรียนออกแบบการทดลองผู้วิจัยได้แนะนำอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับตัวแปรที่นักเรียนเลือก เช่น แถบสีเทียบความยาวคลื่นเพื่อนำไปคำนวณเป็นพลังงานของแสงที่ผ่านเลนส์สีต่างๆ ดังแสดงในภาพ 9



ภาพ 9 การใช้แถบสีเทียบความยาวคลื่นแสงที่ผ่านเลนส์สีต่างๆ

กำหนดตัวแปรควบคุม โดยจะไม่เน้นให้คำตอบกับเด็กโดยตรงแต่จะถามคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ซึ่งในขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์ นักเรียนหลายกลุ่มใช้เวลาในการเลือกอุปกรณ์นานเกินไป สาเหตุหนึ่งมาจากนักเรียนไม่ได้ออกแบบการทดลองไว้ล่วงหน้า แต่ทำการเลือกอุปกรณ์ก่อน แล้วจึงเลือกวิธีการทดลองที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มี และบางส่วนมีความต้องการใช้อุปกรณ์หลายประเภท ซึ่งใช้เวลาในการหานาน เพราะนักเรียนไม่ทราบว่าอุปกรณ์ที่ตนต้องการอยู่บริเวณใด นักเรียนบางคนจะเลือกดูจนกว่าจะมั่นใจว่าอุปกรณ์นั้นไม่ชำรุด และสามารถใช้งานได้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ผู้สอนจัดเตรียมอุปกรณ์ให้นักเรียนเลือกเองทำให้กินเวลาช่วงนี้ไป

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการเลือกอุปกรณ์นานเกินไป หาอุปกรณ์บางชนิดที่ต้องการใช้ไม่เจอ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

ระหว่างการดำเนินกิจกรรมผู้วิจัยได้เดินตรวจตามกลุ่มต่างๆ และให้คำแนะนำรายกลุ่มเพื่อเลือกตัวแปรที่สามารถเก็บข้อมูลได้ รวมถึงใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนจัดการกับตัวแปรควบคุม ซึ่งพบว่า ความหลากหลายของวิธีการเก็บข้อมูลของนักเรียนมีความหลากหลายมากกว่าวงรอบที่ 1 มาก ถึงแม้จะมีตัวแปรที่ใกล้เคียงกันก็ตาม โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนเลือกวิธีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันหลายกลุ่มในตัวแปรที่ศึกษาตัวเดียวกัน

(ผู้วิจัย, ผู้แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

จากการที่ผู้วิจัยได้ตรวจตามกลุ่มต่างๆ และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนที่ไม่ช่วยงานเพื่อน เช่น ตอนนี้นำกำลังทำอะไรอยู่ เก็บข้อมูลอะไร แล้วจะนำข้อมูลที่กำลังเก็บไปใช้ตอบคำถามนำการทดลองอย่างไร ทำให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองได้ดีขึ้นและร่วมมือกันในการดำเนินกิจกรรมการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนลงมือปฏิบัติการได้ดีขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...นักเรียนแบ่งหน้าที่การทำงาน และร่วมมือกันเพื่อเก็บข้อมูล

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

ข้อมูลที่นักเรียนเก็บได้มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย โดยนักเรียนได้ให้เหตุผลว่า เพราะ มีแสงจากภายนอกมารบกวน เนื่องจากเป็นการทดลองเกี่ยวกับแสง ที่นักเรียนบางกลุ่ม

ทำการวัดความยาวคลื่นของแสงที่ผ่านเลนส์สีต่างๆ ทำให้มีตัวแปรแทรกซ้อนเกิดขึ้น ก็คือ แสงจากภายนอกที่เข้ามารบกวนผลการทดลอง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำกระดาษสีดำมาปิดทั่วบริเวณห้องเพื่อป้องกันแสงที่จะเข้ามารบกวนไว้ก่อนแล้ว แต่ยังคงมีแสงบางส่วนเล็ดลอดเข้ามาได้ ดังแสดงในภาพ 10 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ห้องปฏิบัติการระหว่างทำกิจกรรมมีแสงสว่างภายนอกรบกวน  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)



ภาพ 10 สภาพห้องเรียนที่ติดกระดาษสีดำเพื่อป้องกันแสงจากภายนอก

### ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองในขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลและเรียกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้ว่า “ข้อโต้แย้งขั้นต้น”

ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมให้นักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลก่อนหน้านี้เพื่อทำการสร้างข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งจะประกอบไปด้วย คำถามนำการทดลอง ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล ซึ่งได้ระบุส่วนประกอบต่างๆไว้ในใบงาน ซึ่งนักเรียน

ส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดี ระหว่างดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยได้เดินตรวจตราตามกลุ่มเพื่ออภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์โดยใช้คำถามกระตุ้น เพื่อที่นักเรียนจะได้นำข้อมูลนั้นไปคิดวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ผู้สอนอภิปรายการบันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลให้นักเรียนได้ดี  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมได้ดี  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

ทั้งนี้ก่อนที่จะเริ่มวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนหาความรู้เกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษามาก่อนที่จะทำการทดลอง คือ เรื่องการถนอมสายตา ซึ่งนักเรียนบางส่วนสามารถใช้ข้อมูลจากภายนอกที่มาจากประกอบกรวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยที่นักเรียนมีพลังงานจากการคำนวณความถี่คลื่นที่ผ่านเลนส์ต่างๆ หรือความเข้มแสงและการส่องสว่างของคลื่นแสงที่ผ่านเลนส์ชนิดต่างๆ เทียบกับความสว่างและพลังงานที่เหมาะสมกับสายตา โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองร่วมกับแหล่งข้อมูลภายนอกที่หามาก่อน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

แต่มีนักเรียนบางกลุ่มที่ใช้ข้อมูลจากแหล่งภายนอกเป็นหลัก โดยละเลยการใช้หลักฐานจากการทดลอง โดยที่นักเรียนทำการวัดความถี่ของแสงที่ผ่านเลนส์ต่างๆ แต่เลือกสิ่งที่เหมาะสมกับการทำแว่นกันแดดเพื่อถนอมสายตาจากแหล่งข้อมูลภายนอกที่หามา โดยไม่ได้มีการอภิปรายร่วมกัน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางกลุ่มใช้ข้อมูลจากแหล่งภายนอกเพื่อตอบคำถามนำการทดลอง  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...บางกลุ่มใช้ข้อมูลและวิเคราะห์จากทฤษฎี โดยไม่ใช่หลักฐานจากการทดลอง  
ประกอบ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

สำหรับขั้นนี้ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยสามารถควบคุมให้นักเรียนดำเนินกิจกรรม  
ให้แล้วเสร็จภายในเวลาที่กำหนดได้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อน  
ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนทำกิจกรรมได้ตามเวลาที่กำหนด

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

### ขั้นการโต้แย้ง

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่ม  
ตนเอง จากนั้นอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประเมินข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนร่วมกับ  
กลุ่มอื่น หลักจากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเอง หากจำเป็นสามารถ  
ให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองใหม่ได้

ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอพูดเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับ  
ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และควบคุมไม่ให้นักเรียนโต้แย้งนอกประเด็นมากเกินไป  
โดยถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้กลับมาประเด็นหลัก ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมกับการโต้แย้ง  
และอภิปราย นักเรียนสามารถใช้เหตุผลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการโต้แย้งกันได้ดี  
โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การอภิปรายผลของนักเรียนและครูเรียบร้อยดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...การอภิปรายผลได้ตรงประเด็น และใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการโต้แย้ง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

แต่มีตัวแทนนักเรียนบางกลุ่มที่นำเสนอ พูดนำเสนอไม่เก่ง พูดได้ไม่ตรงประเด็น และพูดซ้ำ ใช้เวลาที่กำหนดให้ในการพูดส่วนที่ไม่สำคัญและไม่เกี่ยวข้องกับข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่เกิดการโต้แย้งในประเด็นสำคัญ โดยครูผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางกลุ่มเลือกตัวแทนในการนำเสนอที่พูดไม่ค่อยเก่ง พูดถึงประเด็นสำคัญที่จำเป็นต่อการโต้แย้งไม่ครบทุกประเด็น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

สำหรับขั้นนี้ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยสามารถควบคุมให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมให้แล้วเสร็จภายในเวลาที่กำหนดได้ โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การอภิปรายผลตรงตามเวลาที่กำหนด

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

### **ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน**

ในขั้นตอนนี้ ครูจะอธิบายมโนทัศน์หลักของเรื่องที่เรียนโดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองของนักเรียน รวมไปถึงอธิบายมโนทัศน์เชื่อมโยงและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนพูดถึงในขั้นการโต้แย้ง และอภิปรายเชิงสะท้อนร่วมกับนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดการพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ออกแบบการทดลอง เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ผล แปรผล สรุปผล) กล่าวถึงทั้งข้อดีและข้อที่ต้องพัฒนาในการทดลองของนักเรียน

ผู้วิจัยอภิปรายเฉพาะประเด็นหลักให้ตรงประเด็นมากที่สุดและให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด และอภิปรายเชิงสะท้อนเกี่ยวกับข้อโต้แย้งขั้นต้นของนักเรียน และยกตัวอย่างข้อโต้แย้งที่น่าสนใจบางกลุ่ม แก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการสังเกตการสร้างคำอธิบายและการทดลองของนักเรียนที่ผิดพลาดมาอภิปรายร่วมกัน เช่น นักเรียนโต้แย้งกันว่าสีเลนส์และชนิดของเลนส์แบบใดสามารถถนอมสายตาได้มากกว่า เลนส์แต่ละชนิดมีความสามารถในการรวมแสงและกระจายแสงต่างกัน ซึ่งมีผลต่อความสว่างที่สายตาสามารถรับได้และส่งผลต่อการถนอมสายตา แต่ในความเป็นจริงแล้วนั้น ชนิดของเลนส์มีผลการต่อการถนอมสายตาในด้านการแก้ไข สายตาสั้น-ยาวมากกว่าป้องกันความสว่างที่มากเกินไป กรณีของความสว่างจะใช้การเลือกวัสดุเพื่อป้องกันหรือกรองแสง และสีของเลนส์มากกว่า โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน



และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การอภิปรายระหว่างนักเรียนกับข้อเสนอแนะของผู้สอนเรียบร้อยดี นักเรียนปฏิบัติงานได้เรียบร้อยดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

...นักเรียนมีส่วนร่วมกับการอภิปรายมากขึ้น ได้ตอบและซักถามในประเด็นที่สงสัย ผู้วิจัยมีเวลาเพียงพอในการจัดกิจกรรม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

แต่มีประเด็นที่นักเรียนถาม ที่นอกเหนือจากประเด็นหลักที่ศึกษาคือ ชนิดและสีของเลนส์ที่ส่งผลต่อการถนอมสายตา เช่น ถ้าตาบอดสี หรือสายตาวัว จะต้องเลือกใช้สีและชนิดของเลนส์เพื่อทำแว่นกันแดดถนอมสายตาแตกต่างจากคนปกติหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...จากการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล นักเรียนอภิปรายกันโดยใช้ข้อมูลภายนอกมาประกอบทำให้มีประเด็นที่หลากหลายและต้องใช้เวลาเพิ่มเติมในการอธิบาย รวมทั้งผู้สอนไม่ได้เตรียมพร้อมสำหรับการอธิบายในบางประเด็นที่นักเรียนถามถึง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 22 มกราคม 2561)

### ขั้นเขียนผลการสำรวจ

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเขียนรายงานผลการทดลองรายบุคคลเกี่ยวกับการทดลองที่ได้ทำไปในขั้นก่อนหน้า โดยรายงานผลการทดลองจะประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์ของการทดลอง คำถามนำการทดลอง อุปกรณ์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และสิ่งที่ควรปรับปรุง

ผู้วิจัยได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการเขียนรายงานผลการทดลองให้ละเอียดขึ้น กว้างรอบที่ 1 เพื่อให้นักเรียนทราบและเข้าใจในแต่ละองค์ประกอบของรายงานผลการทดลองที่จะต้องเขียน โดยให้ใบงานและหัวข้อที่นักเรียนจำเป็นต้องเขียนลงในรายงานผลการทดลอง เพื่อให้นักเรียนดูเป็นแนวทาง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทาง

เดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ผู้สอนชี้แจงการทำงานผลการทดลองแก่นักเรียนทราบ และรายละเอียดในแต่ละส่วน

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

...ผู้สอนอธิบายส่วนประกอบของรายงานผลการทดลองที่นักเรียนต้องเขียนที่ละส่วน และให้ใบงานเพื่อเป็นแนวทาง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

นักเรียนสามารถเขียนรายงานผลการทดลองได้ตรงประเด็นและครบถ้วน บางส่วนสามารถแก้ไขรายงานผลการทดลองจากการโต้แย้งและการอภิปรายเชิงสะท้อนกับผู้วิจัย โดยการแก้ไขสิ่งที่ตนได้อภิปรายไว้คลาดเคลื่อนจากทฤษฎี นักเรียนบางส่วนหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาเขียนในรายงานผลการทดลอง เช่น ความสว่างที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่างๆ หรือสีของแว่นกันแดดที่เหมาะสมในการใช้งานในเวลาที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางส่วนสามารถแก้ไขรายงานผลการทดลอง จากการโต้แย้งในและการอภิปรายร่วมกับผู้สอน ในขั้นก่อนหน้า

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

แต่นักเรียนบางส่วนเขียนรายงานผลการทดลองโดยไม่ได้ใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลอง แต่ใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายนอกเพียงอย่างเดียว หรือไม่มีการอภิปรายผลจากข้อมูลการทดลองร่วมกับข้อมูลที่หามาจากภายนอก โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางส่วนคัดลอกทฤษฎี และหลักการมาแปะไว้โดยไม่ได้ใช้  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

...รายงานผลการทดลองบางเล่มมีการหาข้อมูลภายนอกมาเพิ่มเติม แต่ไม่ได้  
อธิบายถึงความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ บางคนแค่เอามา  
ใส่ไว้เฉยๆ ไม่ได้ใช้เป็นหลักฐานแต่อย่างใด

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

### ขั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละคนจะต้องส่งสำเนารายงานผลการทดลอง 3 ฉบับ  
โดยไม่ต้องเขียนชื่อลงในรายงาน แต่ครูจะทำหมายเลขไว้ และสุ่มให้นักเรียนแต่ละคนวิจารณ์  
รายงานผลการทดลองโดยไม่รู้ว่าเป็นใคร นักเรียนแต่ละคนจะต้องวิจารณ์ทั้งหมด 3 ฉบับ  
โดยวิจารณ์ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนจากหลักฐานที่น่าเสนอและเหตุผลสนับสนุน โดยคำนึง  
ความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์

ก่อนที่จะเริ่มการวิจารณ์รายงานผลการทดลองแบบไม่ระบุตัวตน ผู้วิจัยเน้นย้ำให้  
นักเรียนวิจารณ์ส่วนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อน นั่นคือให้วิจารณ์ส่วนของ สรุปผล  
ข้อกล่าวอ้างที่ตอบคำถามนำการทดลอง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น และคำชี้แจง  
ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยจะยกตัวอย่างการวิจารณ์รายงานผล  
การทดลองของเพื่อนในห้อง 1 ฉบับ ซึ่งนักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมในการวิจารณ์รายงานผล  
การทดลองของเพื่อนในห้องได้เรียบร้อยดี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึก  
ไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผล  
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การสุ่มนักเรียนมาอภิปรายเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้อย่างดี

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

ระหว่างการดำเนินกิจกรรมการวิจารณ์ข้อโต้แย้ง ผู้วิจัยได้เดินตามกลุ่มต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวิจารณ์โดยใช้หลักฐาน และเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อหาข้อผิดพลาดหรือจุดที่สามารถพัฒนาได้ของรายงานผลการทดลองของเพื่อน โดยเน้นไปที่การให้คำแนะนำ พบว่า นักเรียนสามารถใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการพัฒนาข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เพื่อนร่วมชั้นเรียนเขียนลงในรายงานผลการทดลองได้อย่างดี ไม่มีนักเรียนคนใดที่หาคำที่สะกดผิด หรือวิจารณ์การจัดหน้าจัดรูปแบบ หรือความสวยงามของตัวหนังสือเพื่อน ดังเช่นในวงรอบที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนวิจารณ์ผลการทดลองของเพื่อนที่สุ่มมาได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถเขียนวิจารณ์ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตนในการวิพากษ์วิจารณ์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

### **ขั้นตอนทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน**

นักเรียนแต่ละคนจะได้รับรายงานผลการทดลองที่ถูกวิจารณ์เรียบร้อยแล้ว และนักเรียนจะต้องทำการแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้วิจารณ์ แต่หากไม่แก้ไขเขียนเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ทำตามคำแนะนำ และส่งรายงานที่แก้ไขแล้วให้ครู

ผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนได้อ่านคำวิจารณ์ของเพื่อนและเลือกว่าจะแก้ไขตามคำแนะนำหรือไม่ หากไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น จะต้องเขียนเหตุผลอธิบาย โดยผู้วิจัยเดินตรวจเป็นรายบุคคลเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแก้ไขรายงาน หลังจากเสร็จสิ้นการวิจารณ์รายงานผลการทดลอง ผู้วิจัยจะนำรหัสรายงานผลการทดลองฉายหน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนนำรายงานผลการทดลองส่งคืนสู่เจ้าของ ระหว่างการจัดกิจกรรมในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำวิจารณ์ได้ดี เช่น นักเรียนที่ได้รับคำแนะนำให้หาข้อมูลเกี่ยวกับการถนอมสายตาและความส่องสว่างมาเพิ่มเติมในการอภิปรายผลการทดลอง ก็สามารถหาข้อมูลมาเพิ่มและอภิปรายผลร่วมกับข้อมูลเดิมได้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึก

ไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผล  
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การทบทวนและแก้ไขผลการทดลอง เรียบร้อยดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

...นักเรียนส่วนใหญ่แก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำแนะนำของผู้วิจารณ์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

ในขณะที่นักเรียนบางส่วนไม่ได้แก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำแนะนำ และ  
ไม่ได้เขียนบอกเหตุผลว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไขรายงานตามคำแนะนำ ทั้งที่คำแนะนำนั้นช่วยพัฒนา  
รายงานผลการทดลองของนักเรียน เช่น ผู้วิจารณ์แนะนำให้เพิ่มเติมข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานแสงที่  
มนุษย์มองเห็น เพื่ออภิปรายร่วมกับ พลังงานและความถี่ของแสงที่ผ่านเลนส์ต่างๆที่นักเรียนได้  
เขียนไว้ก่อนหน้านี้ โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนบางคนไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์และไม่บอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงไม่  
แก้ไขตามคำแนะนำ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 25 มกราคม 2561)

### 2.3 สรุปผลการสะท้อน

จากข้อเสนอของแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจากการศึกษาร่วมกับ  
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบสอบ  
ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและ  
ทัศนอุปกรณ์ มีประเด็นและรายละเอียดที่สำคัญที่จะต้องนำไปปรับใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้  
วงรอบที่ 3 ดังนี้

**ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ใน  
วงรอบที่ 3 คือ

1. แสงรบกวนจากภายนอก เนื่องจากเป็นการทดลองเกี่ยวกับแสง ในเรื่อง  
เกี่ยวข้องกับความเข้มแสง จึงต้องคำนึงแสงจากภายนอกที่จะมารบกวนผลการทดลองของนักเรียน  
ทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนและนักเรียนจะวิเคราะห์ผลได้ยากลำบาก คลาดเคลื่อน

จากความเป็นจริง ในวงรอบถัดไปผู้วิจัยจะเลือกประเด็นที่แสงภายนอกไม่มีผลรบกวนผล การทดลองของนักเรียน โดยเป็นการทดลองเกี่ยวกับลำดับ และชนิดของเลนส์ 2 อันที่มีผลต่อภาพ เพื่อนำไปเลือกในการประดิษฐ์กล้องวงจรปิด ซึ่งหากใช้ไฟในห้องเรียนที่เป็นแสงสีขาว ก็จะลด ผลกระทบจากแสงภายนอกที่มีต่อลักษณะภาพเกิดขึ้น

2. ขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์ เพราะในวงรอบที่ 2 นักเรียนจะทำการเลือก อุปกรณ์เองโดยออกแบบการทดลองไว้คร่าวๆ และออกมาเลือกอุปกรณ์ที่คิดว่าน่าจะได้ใช้ และ เปลี่ยนแปลงขั้นตอนการวัดและทดลอง ในขณะที่บางส่วนออกแบบวิธีการทดลองจากอุปกรณ์ที่มี ในห้องเป็นหลัก ในวงรอบถัดไปผู้วิจัยจะจัดเตรียมชุดทดลองในแต่ละสถานการณ์เป็นหมวดหมู่ให้ เรียบร้อยก่อนให้นักเรียนรับอุปกรณ์ เพื่อให้นักเรียนทุกกลุ่มได้รับอุปกรณ์พื้นฐานในการทดลองไป หนึ่งชุดก่อน แล้วจึงเลือกอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้เพิ่มเติมในภายหลัง

**ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ใน วงรอบที่ 3 คือ

การเลือกใช้แหล่งข้อมูลจากภายนอก เพราะในวงรอบที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ ใช้แหล่งข้อมูลจากภายนอกที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนไปศึกษาเพิ่มเติมมาก่อนการจัดกิจกรรมใน ห้องเรียน และนักเรียนใช้เพื่อวิเคราะห์ผลร่วมกันกับหลักฐานจากการทดลอง แต่มีนักเรียนบางกลุ่ม ที่ใช้ข้อมูลจากแหล่งภายนอกเป็นหลักโดยละเลยการใช้ข้อมูลจากการทดลอง ในวงรอบถัดไป ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลองเพื่อตอบคำถามนำการทดลอง โดยให้หลักฐานจากการทดลองเป็นหลัก และใช้ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลภายนอกมาเสริม หรือประกอบการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

**ขั้นการโต้แย้ง** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 3 คือ

การนำเสนอของนักเรียน เพราะในวงรอบที่ 2 มีตัวแทนในการนำเสนอของ นักเรียนบางกลุ่มที่พูดนำเสนอไม่เก่ง ใช้เวลาที่กำหนดให้ในการพูดส่วนที่ไม่สำคัญ ไม่เกี่ยวข้องกับ ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากเกินไป ซึ่งขาดประเด็นสำคัญที่จะใช้โต้แย้งกันเพื่อให้เกิด การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในวงรอบถัดไป ผู้วิจัยจะทำการแก้ไขโดยการ ให้นักเรียน ทุกคนในกลุ่มออกไปนำเสนอด้านหน้าชั้นเรียนร่วมกัน และผู้วิจัยจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ นักเรียนพูดในส่วนที่เป็นข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ทันทีที่มีการนอกประเด็น เพื่อควบคุมให้นักเรียน นำเสนอครอบคลุมประเด็นในเวลาที่กำหนด และให้นักเรียนนำแบบบันทึกข้อโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ฉายหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนในห้องได้อ่านข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง หากผู้พูดนำเสนอตกหล่น เพื่อจะได้อภิปรายข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อนกลุ่มนำเสนอได้

### **ชั้นเขียนผลการสำรวจ** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 3 คือ

การใช้ข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งภายนอก เพราะในวงรอบที่ 2 รายงานผลการทดลองบางเล่มมีข้อมูลนอกเหนือจากข้อมูลที่เก็บได้จากการทดลอง เขียนไว้ในรายงานผลการทดลองแต่ไม่ได้อธิบายว่าข้อมูลนั้นสัมพันธ์กับผลการทดลองหรือตอบคำถามนำการทดลองอย่างไร บางส่วนไม่ได้ใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลอง แต่เลือกเชื่อข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายนอกเพียงอย่างเดียว ไม่ได้มีการอภิปรายผลจากข้อมูลการทดลองที่หามาได้ ในวงรอบถัดไป ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลัก และใช้ทฤษฎีหรือข้อมูลที่หามาได้จากแหล่งข้อมูลภายนอกมาสนับสนุน โดยจะต้องเขียนเฉพาะส่วนข้อมูลที่ต้องการจะใช้จริงเท่านั้น และต้องกล่าวถึงโดยอภิปรายข้อมูลร่วมกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองด้วย

### **ชั้นทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน** สิ่งที่ต้องนำไปปรับใช้ในวงรอบที่ 3 คือ

การแก้ไขรายงานผลการทดลองของนักเรียน เพราะในวงรอบที่ 2 นักเรียนบางส่วนที่ไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์และคำแนะนำจากเพื่อนร่วมชั้นเรียน และไม่เขียนบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น โดยในวงรอบถัดไปผู้วิจัยจะชี้แจงนักเรียนอีกครั้งว่านักเรียนมีสิทธิ์ที่จะไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์ของเพื่อน แต่นักเรียนจะต้องเขียนบอกเหตุผลกำกับด้วยว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไข โดยผู้วิจัยจะให้นักเรียนเขียนข้อความเหตุผลว่าทำไมถึงไม่แก้ไข ลงในรายงานผลการทดลองฉบับที่เพื่อนวิจารณ์ไว้ด้วย และผู้วิจัยจะคอยเดินตรวจเป็นรายบุคคลระหว่างชั้นการแก้ไขผลงาน และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดว่าทำไมจึงไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น สิ่งที่นักเรียนโดนวิจารณ์สมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ถ้าไม่เพราะเหตุใดจึงไม่สมเหตุสมผล นั้นเป็นเหตุผลที่ทำให้นักเรียนไม่แก้ไขรายงานตามคำแนะนำหรือไม่

## **3. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเรื่อง เลนส์บาง**

### **3.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามผลการสะท้อนของการปฏิบัติจากวงรอบที่ 2 โดยก่อนเริ่มคาบเรียนในวงรอบที่ 3 ผู้วิจัยจะให้นักเรียนหาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่อง เลนส์บาง มาก่อน เลือกประเด็นที่แสดงภายนอกไม่มีผลรบกวนผลการทดลองของนักเรียน โดยเป็นการทดลองเกี่ยวกับลำดับ และชนิดของเลนส์ 2 อันที่มีผลต่อภาพได้ เพื่อนำไปเลือกในการประดิษฐ์กล้องวงจรปิดที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เองว่ากล้องวงจรปิดที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร ควรที่จะมีภาพคมชัด เก็บภาพได้กว้าง หรือเก็บภาพได้ในระยะไกล และเตรียมชุดทดลองให้เป็นหมวดหมู่และอุปกรณ์พื้นฐานในการทดลองสำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม ในการวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงานผลการทดลอง ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้

นักเรียนใช้หลักฐานจากการทดลองเป็นหลัก และใช้ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลภายนอกมาเสริมสรุป และอภิปรายผลการทดลอง ในช่วงของการโต้แย้ง ผู้วิจัยจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนพูด ในส่วนที่เป็นข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ทันทีที่มีการนอกประเด็น และควบคุมให้นักเรียนนำเสนอ ครอบคลุมประเด็นในเวลาที่กำหนด และให้นักเรียนนำแบบบันทึกข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ฉาย หน้าชั้นเรียน รวมทั้งควบคุมการเขียนรายงานและวิจารณ์ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตาม หลักการทางวิทยาศาสตร์และอภิปรายกันตรงประเด็นโดยอ้างอิงจากหลักฐาน

### 3.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้เริ่มทำตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ที่ได้วางแผนและปรับแก้จาก ขั้นตอนเตรียมการก่อนหน้า โดยใช้เวลาเรียนในช่วงเวลาของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 คาบเรียนที่ 1 และ 2 วันที่ 29 มกราคม 2561 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และคาบเรียนที่ 3 และ 4 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2561 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 4 คาบ ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ผู้เข้าร่วมการวิจัย เป็นนักเรียนในห้องเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 34 คน แต่มีนักเรียนที่เข้าร่วมในการจัดการเรียนรู้ในรอบที่ 2 จำนวน 25 คนเป็นนักเรียนชาย 24 คน และนักเรียนหญิง 1 คน โดยผู้วิจัยได้ตั้งกล้องวีดีโอเอาไว้หลังห้องเรียนเพื่อทำการบันทึกขณะเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการจัด กิจกรรมโดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเป็นผู้สะท้อนผลและเข้าร่วมการนิเทศ โดยใช้แบบสะท้อน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการศึกษาสามารถแยกตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ

ในขั้นตอนนี้ ครูจะระบุเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่จะทำการสืบสอบ โดยกล่าวถึงความสำคัญ ปัญหา หรือ เหตุผลที่จะต้องทำการสืบสอบของเหตุการณ์หรือ ปรากฏการณ์และสร้างคำถามนำการทดลองร่วมกับนักเรียน กรณีที่มีอุปกรณ์การทดลองที่มี วิธีการใช้งานซับซ้อนหรือการทดลองเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ ครูจะชี้แจงวิธีการใช้งานและข้อระมัดระวัง เหล่านั้น

ผู้วิจัยเริ่มการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยการยกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ประเด็นที่ใช้ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างกล้องวงจรปิดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยใช้เลนส์บาง 2 ชิ้นมาประกอบกัน ซึ่งสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี นักเรียน มีความสนใจในการสืบสอบ โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรม การเรียนรู้ดังนี้



...นักเรียนมีความสนใจในสถานการณ์ที่นำมาศึกษา และมีความกระตือรือร้นที่จะทดลองเพื่อหาคำตอบต่อเรื่องที่ศึกษา

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

และผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามนำการทดลองได้ เพราะเห็นแนวทางและแนวคิดในการตั้งคำถามของตัวแปรที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งผู้วิจัยตั้งคำถามนำการทดลองว่า ลำดับของเลนส์เว้าและเลนส์นูนมีผลต่อภาพเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถตั้งคำถามนำการทดลองของกลุ่มตนเองได้ดี โดยมีนักเรียนหลายกลุ่มที่ใช้ตัวแปรต้นตัวเดียวกัน แต่มีคำถามนำการทดลองที่ไม่เหมือนกัน เช่น ชนิดของเลนส์มีผลต่อการเกิดภาพอย่างไร และ ชนิดของเลนส์มีผลต่อความชัดของภาพเกิดขึ้นอย่างไร และตัวแปรตามที่นักเรียนเลือกมีหลากหลาย เช่น ความคมชัดของภาพ ความกว้างของภาพได้ขนาดของภาพวัตถุที่ระยะต่างๆ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...มีตัวอย่างในการตั้งคำถามนำการทดลอง  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...การยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำการทดลองทำให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามนำการทดลองได้ เพราะเห็นแนวทางและแนวคิดในการตั้งคำถามของตัวแปรที่คล้ายคลึงกัน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้อธิบายอุปกรณ์บางชนิดเช่น เลนส์นูนและเลนส์เว้า รวมถึงการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ เช่น กล้องถ่ายรูป กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นพื้นฐานความรู้เพื่อให้นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตั้งคำถามนำการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ครูยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์ที่จะทดลองในสิ่งประดิษฐ์ในชีวิตประจำวันได้ชัดเจน เช่น กล้องถ่ายรูป  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

### ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกแบบขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงข้อมูลที่ต้องการจะเก็บเพื่อนำมาตอบคำถามนำการทดลอง โดยที่นักเรียนจะดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อครูตรวจความสมบูรณ์ของผลการออกแบบ

ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบการทดลองของกลุ่มตนเอง รวมทั้งตารางเก็บข้อมูลการทดลองด้วย โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างขั้นตอนการทดลองและตารางเก็บข้อมูลจากคำถามนำการทดลองด้วย ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถออกแบบวิธีการทดลองและดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลให้เพียงพอต่อการสร้างข้อโต้แย้งเพื่อตอบคำถามนำการทดลองได้ดี โดยที่นักเรียนเห็นความสำคัญของหลักฐานที่จะต้องนำเชื่อถือและครอบคลุมประเด็นที่จะนำไปสร้างข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามนำการทดลองที่ตั้งไว้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ผู้สอนวางแนวทางการออกแบบกิจกรรมการทดลอง และให้นักเรียนลงมือปฏิบัติได้เรียบร้อยดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองและดำเนินการเก็บข้อมูลได้แม่นยำ และข้อมูลสามารถตอบคำถามนำการทดลองได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

นอกจากนั้นนักเรียนยังสามารถออกแบบตารางการเก็บข้อมูลของนักเรียนได้ดี โดยกลุ่มที่วางแผนเก็บความคมชัด นักเรียนได้ออกแบบตารางเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ เพื่อพิมพ์รูปภาพถ่ายได้จากการทดลองมาแปะในภายหลัง โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนออกแบบได้ดี

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถออกแบบตารางเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง และครอบคลุมข้อมูลที่  
ต้องการเก็บ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

หลังจากการออกแบบวิธีการทดลองและตารางเก็บข้อมูลการทดลอง นักเรียนได้  
ดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเตรียมชุดทดลองให้เป็นหมวดหมู่และ  
อุปกรณ์พื้นฐานในการทดลองสำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม หากนักเรียนต้องการอุปกรณ์ใดเพิ่มค่อย  
ออกมาเลือกอุปกรณ์เพิ่มเติม ทำให้นักเรียนเลือกอุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้รวดเร็วขึ้น  
จากการตรวจสอบระหว่างกิจกรรมการทดลองพบว่า นักเรียนสามารถเก็บข้อมูลตามที่ตั้งใจไว้  
ได้ทุกกลุ่มโดยมีหลายกลุ่มที่มีผลการทดลองเป็นรูปภาพ ซึ่งนักเรียนจะนำมาแปะไว้ในใบงาน  
และรายงานผลการทดลองในภายหลัง โดยมีนักเรียนบางกลุ่มใช้สมาร์ทโฟนเป็นหนึ่งในอุปกรณ์  
การทดลองได้ดี ซึ่งสามารถถ่ายภาพผลการทดลองออกมาได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในภาพ 11



ภาพ 11 การเก็บข้อมูลของนักเรียนโดยใช้สมาร์ทโฟน

### ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลอง  
ร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานจาก  
การทดลองในขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลและเรียกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์  
ในขั้นตอนนี้ว่า “ข้อโต้แย้งขั้นต้น”

ก่อนวงรอบที่ 3 ผู้วิจัยจะให้ให้นักเรียนหาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่อง เสนอบ้าง มาก่อน นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น โดยใช้หลักฐานที่มาจากผลการทดลองของตนเอง ร่วมกับการอภิปรายโดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและคำถามนำการทดลอง เพื่ออภิปราย ร่วมกับนักเรียนถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์โดยใช้คำถามกระตุ้น เพื่อที่นักเรียนจะได้นำข้อมูลนั้นไปคิดวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตน ระหว่าง การตรวจสอบขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลและตั้งข้อโต้แย้งพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ ตนเก็บมาร่วมกับข้อมูลจากแหล่งภายนอกที่หามาก่อนการทดลองอภิปรายและสรุปผลการ ทดลองได้ดี ภายนอก โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นจากการใช้หลักฐานที่มาจากผลการ ทดลองของตนเองร่วมกับการอภิปรายโดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและคำถามนำ การทดลองของกลุ่มตนเองได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

โดยภาพรวมแล้วพบว่า นักเรียนมีการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองที่ดี โดยอ้างอิงหลักฐานเพื่อตอบคำถามนำการทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างของตนได้ดี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทาง เดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

....นักเรียนบันทึกผลและวิเคราะห์ผล เพื่อเสนอรายงานตามขั้นตอนได้เรียบร้อยดี (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งจาก หลักฐานได้ดี

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

### ขั้นการโต้แย้ง

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่ม ตนเอง จากนั้นอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประเมินข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนร่วมกับ

กลุ่มอื่น หลักจากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเอง หากจำเป็นสามารถให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองใหม่ได้

ผู้วิจัยให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียนและให้นำแบบบันทึกข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ฉายหน้าชั้นเรียน โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่จะใช้ภาพจากสมาร์ทโฟนฉายหน้าชั้นเรียนเพื่อประกอบการนำเสนอ ดังแสดงในภาพ 12



ภาพ 12 การใช้ภาพจากสมาร์ทโฟนฉายหน้าชั้นเรียนเพื่อประกอบการนำเสนอ

ซึ่งระหว่างการโต้แย้ง ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนพูดในส่วนที่เป็นข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ทันทีที่มีการนอกประเด็น และควบคุมการโต้แย้งของนักเรียนให้อภิปรายเน้นไปที่ส่วนของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การควบคุมดูแลและการอภิปรายผลของนักเรียนเรียบร้อยดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นหลักที่ศึกษา หลังจากใช้คำถามกระตุ้นได้ดี

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการโต้แย้ง ซึ่งมีทั้งการถามคำถามในส่วนที่ยังคลุมเครือ ถามในสิ่งที่กลุ่มนำเสนอเขียนในรายงานแต่ไม่ได้อธิบาย และให้คำแนะนำในการพัฒนากระบวนการทดลอง เช่น นักเรียนให้คำแนะนำเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอ ให้วัดระยะห่างระหว่างเลนส์และกล้อง และระยะห่างระหว่างเลนส์และวัตถุ เพื่อควบคุมตัวแปรที่ไม่ได้ตั้งใจเปลี่ยนแปลง โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถโต้แย้งและแสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่นำเสนอ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

ขณะที่ทำการโต้แย้ง นักเรียนสามารถโต้แย้ง แสดงความคิดเห็น และอภิปรายโดยใช้หลักฐานและทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ ไม่ใช่อารมณ์ หรือมีอคติกับผู้นำเสนอ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนโต้แย้งกันด้วยเหตุผล ไม่ใช่อารมณ์ส่วนตัว

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถใช้หลักฐานที่แต่ละกลุ่มหามาได้เพื่อโต้แย้งกันในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และอภิปรายกันด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

### ขั้นการกระจำมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน

ในขั้นตอนนี้ ครูจะอธิบายมโนทัศน์หลักของเรื่องที่เรียนโดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองของนักเรียน รวมไปถึงอธิบายมโนทัศน์เชื่อมโยงและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนพุดถึงในขั้นการโต้แย้ง และอภิปรายเชิงสะท้อนร่วมกับนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดการพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ออกแบบการทดลอง เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ผล แปรผล สรุปผล) กล่าวถึงทั้งข้อดีและข้อที่ต้องพัฒนาในการทดลองของนักเรียน

ผู้วิจัยทำการสร้างมโนทัศน์หลักในประเด็นที่ศึกษาเรื่อง เลนส์บาง โดยอภิปรายเรื่องสมบัติในการหักเหของเลนส์เว้า และเลนส์นูนก่อน แล้วจึงอธิบายเรื่องเลนส์ประกอบ โดยวาดเส้นทางการเดินแสงประกอบการอธิบาย และใช้หลักฐานจากรูปภาพนักเรียนนำเสนอในชั้นการโต้แย้งประกอบการอธิบาย ซึ่งทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์หลักมากขึ้น หลังจากการทดลองและโต้แย้งกัน และมาเรียนจากผู้สอนอีกครั้ง โดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่นักเรียนได้อภิปรายไป โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...อธิบายเนื้อหาความรู้โดยเชื่อมโยงกับการทดลองได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์หลักมากขึ้น หลังจากการทดลองและโต้แย้งกัน และมาเรียนจากผู้สอนอีกครั้ง โดยเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่นักเรียนได้อภิปรายไป ทำให้ทำความเข้าใจได้เร็วขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้ากับเนื้อหาอื่นได้ดีขึ้น และสามารถอภิปรายโดยใช้ความรู้ในหัวข้ออื่นมาประกอบได้ดี เช่น การใช้เรื่องการหักเหของแสง เลนส์บาง เลนส์ประกอบ ทัศนอุปกรณ์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...ผู้สอนอธิบายผังมโนทัศน์ที่เชื่อมมโนทัศน์เชื่อมโยงได้เรียบร้อยดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

...นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้ากับเนื้อหาอื่นได้ดีขึ้น และสามารถอภิปรายโดยใช้ความรู้ในหัวข้ออื่นมาประกอบได้ดี

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องที่คลาดเคลื่อน โดยการสังเกตการสร้างคำอธิบายและการทดลองของนักเรียนที่ผิดพลาดมาอภิปรายร่วมกันเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และวิธีการพัฒนากระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...สังเกตการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์จากหลักฐานและการทดลองของนักเรียนที่ผิดพลาด มาอภิปรายเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 29 มกราคม 2561)

### ขั้นเขียนผลการสำรวจ

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเขียนรายงานผลการทดลองรายบุคคลเกี่ยวกับการทดลองที่ได้ทำไปในขั้นก่อนหน้า โดยรายงานผลการทดลองจะประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์ของการทดลอง คำถามนำการทดลอง อุปกรณ์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และสิ่งที่ควรปรับปรุง

ผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการเขียนรายงานผลการทดลอง โดยให้ใบงานและหัวข้อที่นักเรียนจำเป็นต้องเขียนลงในรายงานผลการทดลอง ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถเขียนรายงานผลการทดลองได้ตรงประเด็นและครบถ้วนทุกองค์ประกอบที่กำหนดให้ โดยที่นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลัก และใช้ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลภายนอกมาสนับสนุนและอภิปรายข้อมูลร่วมกับหลักฐานที่ได้จากการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถเขียนรายงานผลการทดลองได้ครบทุกองค์ประกอบตามที่ผู้สอนกำหนด  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

...นักเรียนเห็นความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบของรายงานผลการทดลองเพื่อตอบคำถามนำ และการถ่ายทอดสิ่งที่ค้นพบให้ผู้อื่น  
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)



นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเอง จากการอภิปรายร่วมกับเพื่อนร่วมห้องและครูในชั้นการโต้แย้งและชั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน ซึ่งนักเรียนเห็นข้อผิดพลาดของตนและได้รับคำแนะนำจากการอภิปราย และได้รับความรู้ที่ถูกต้องจากการอธิบายของผู้วิจัย ทำให้นักเรียนแก้ไขข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในรายงานผลการทดลองให้ดีขึ้น และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาเป็นหลักฐานเพิ่มเติม จากการที่ได้เห็นตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลของกลุ่มอื่น โดยผู้วิจัยได้มีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเอง  
จากการอภิปรายร่วมกับเพื่อนร่วมห้องและครู

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

### ชั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละคนจะต้องส่งสำเนารายงานผลการทดลอง 3 ฉบับ โดยไม่ต้องเขียนชื่อลงในรายงาน แต่ครูจะทำหมายเลขไว้ และสุ่มให้นักเรียนแต่ละคนวิจารณ์รายงานผลการทดลองโดยไม่รู้ว่าเป็นใคร นักเรียนแต่ละคนจะต้องวิจารณ์ทั้งหมด 3 ฉบับ โดยวิจารณ์ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนจากหลักฐานที่นำเสนอและเหตุผลสนับสนุน โดยคำนึงความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยสุ่มแจกสำเนารายงานผลการทดลองให้นักเรียนแต่ละคน คนละ 3 ฉบับ และก่อนที่จะเริ่มการวิจารณ์รายงานผลการทดลองแบบไม่ระบุตัวตน ผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์ส่วนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนนั่นคือให้วิจารณ์ส่วนของ สรุปผล ข้อกล่าวอ้างที่ตอบคำถามนำการทดลอง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น และคำชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยจะยกตัวอย่างการวิจารณ์รายงานผลการทดลองของเพื่อนในห้อง 1 ฉบับ นักเรียนวิจารณ์รายงานผลการทดลองได้ดี สามารถเขียนวิจารณ์รายงานผลการทดลองโดยดูจากหลักฐานและการประเมินข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อนโดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการวิจารณ์ ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...การสູ່มนักเรียนวิจารณ์รายงานของเพื่อนในห้องเป็นไปด้วยความเรียบร้อย สามารถวิจารณ์ผลการทดลองของเพื่อนที่สູ່มมาได้ดี  
(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

...นักเรียนสามารถเขียนวิจารณ์รายงานผลการทดลองโดยดูจากหลักฐาน และการประเมินข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของเพื่อนโดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในการวิจารณ์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

### ขั้นตอนทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน

นักเรียนแต่ละคนจะได้รับรายงานผลการทดลองที่ถูกวิจารณ์เรียบร้อยแล้ว และนักเรียนจะต้องทำการแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้วิจารณ์ แต่หากไม่แก้ไขเขียนเหตุผลว่าทำไม จึงไม่ทำตามคำแนะนำ และส่งรายงานที่แก้ไขแล้วให้ครู

หลังจากเสร็จสิ้นการวิจารณ์รายงานผลการทดลอง ผู้วิจัยนำรหัสรายงานผลการทดลองฉายหน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนนำรายงานผลการทดลองส่งคืนสู่เจ้าของ นักเรียนเลือกที่จะแก้ไขรายงานของตนตามคำแนะนำ หากนักเรียนพิจารณาแล้วว่าจะทำให้รายงานผลการทดลองดีขึ้น หากคำแนะนำนั้นไม่ได้ช่วยให้รายงานผลการทดลองดีขึ้น นักเรียนก็จะไม่แก้ไข และบอกเหตุผลกำกับว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไข และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้รายงานผลการทดลองดีที่สุด

ผู้วิจัยจะชี้แจงนักเรียนอีกครั้งว่า นักเรียนมีสิทธิ์ที่จะไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์ของเพื่อน แต่นักเรียนจะต้องเขียนบอกเหตุผลกำกับด้วยว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไข โดยผู้วิจัยจะให้เขียนข้อความเหตุผลว่าทำไมถึงไม่แก้ไข ลงในรายงานผลการทดลองฉบับที่เพื่อนวิจารณ์ไว้ด้วย และผู้วิจัยจะคอยเดินตรวจเป็นรายบุคคลระหว่างขั้นการแก้ไขผลงาน

ผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนได้อ่านคำวิจารณ์ของเพื่อนและเลือกว่าจะแก้ไขตามคำแนะนำหรือไม่ หากไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น จะต้องเขียนเหตุผลอธิบาย โดยผู้วิจัยเดินตรวจเป็นรายบุคคลเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแก้ไขรายงาน และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดว่าทำไมจึงไม่แก้ไขตามคำวิจารณ์นั้น สิ่งที่นักเรียนโดนวิจารณ์สมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ถ้าไม่สมเหตุสมผลเป็นเพราะเหตุใดจึงไม่สมเหตุสมผล นั้นเป็นเหตุผลที่ทำให้นักเรียนไม่แก้ไขรายงานตามคำแนะนำหรือไม่ โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่แก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำแนะนำของเพื่อน หากคำแนะนำนั้นสามารถพัฒนาข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของตน โดยผู้เชี่ยวชาญด้าน

การสอนและผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปในทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนสามารถแก้ไขและพัฒนารายงานผลการทดลองของตนเองได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

...นักเรียนเลือกที่จะแก้ไขรายงานของตนเองตามคำแนะนำ หากนักเรียนพิจารณาแล้วว่าทำให้รายงานผลการทดลองดีขึ้น หากคำแนะนำนั้นไม่ได้ช่วยให้รายงานผลการทดลองดีขึ้น นักเรียนก็จะไม่แก้ไข และบอกเหตุผลกำกับว่าเหตุใดจึงไม่แก้ไข

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

ระหว่างการค้าเนินกิจกรรมในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนมีความตั้งใจที่จะพัฒนา รายงานผลการทดลองของตนเองให้ดีขึ้น มีนักเรียนบางส่วนหาข้อมูลเพิ่มเติมหลังจากที่เห็น รายงานผลการทดลองของเพื่อน และพบว่าหลักฐานที่เพื่อนใส่มาในรายงานผลการทดลองสามารถ สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนที่และผู้วิจัยได้มีการบันทึกไปใน ทิศทางเดียวกันจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการบันทึกลงในแบบสะท้อนผล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

...นักเรียนพยายามแก้ไขรายงานผลการทดลองฉบับสุดท้ายก่อนส่งให้ผู้สอน เพื่อหวังว่าจะได้คะแนนดีขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

...นักเรียนแก้ไขรายงานผลการทดลองตามคำแนะนำ และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้ รายงานผลการทดลองที่ส่งผู้สอนดีที่สุด

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2561)

ผู้วิจัยสรุปผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ และแนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริม การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาฟิสิกส์เรื่อง แสง และทัศนอุปกรณ์ ดังแสดงในตาราง 3 ผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบและแนวทางการจัดการ

เรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบสอบที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์



ตาราง 3 ผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นการระบุ เป้าหมาย และคำถาม นำ	ผู้ใช้เวลาในการอธิบาย สถานการณ์รวมถึงอธิบาย แนวทางการสืบสอบทาง วิทยาศาสตร์นานเกินไป นักเรียนใช้เวลาในการตั้ง คำถามนำการทดลองนาน เพราะไม่รู้จักอุปกรณ์และไม่ สามารถจินตนาการถึง รูปแบบการทดลองได้	การอธิบายแนวทางการสืบ สอบทางวิทยาศาสตร์ระดับ และตรงประเด็นมากขึ้น ผู้วิจัย ยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำ การทดลองในประเด็นที่ คล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่ กำหนดให้เพื่อให้แนวทางใน การตั้งคำถามนำการทดลอง ในลักษณะเดียวกันได้	นักเรียนมีความสนใจในการ สืบสอบ เพราะสถานการณ์ที่ เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ใช้ สามารถกระตุ้นความสนใจ ของนักเรียนได้ดี และการ ยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำ การทดลองทำให้นักเรียน สามารถตั้งคำถามนำการ ทดลองได้ เพราะเห็นแนวทาง และแนวคิดในการตั้งคำถาม ของตัวแปรที่คล้ายคลึงกัน	ผู้สอนควรเตรียมสถานการณ์ที่ใกล้ตัว นักเรียนและมีความสอดคล้องกับประเด็น ที่จะศึกษา ซึ่งนักเรียนมีความรู้พื้นฐานมา ก่อน และเป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบหรือ ทางออกที่ชัดเจนแน่นอน ใช้คำถามกระตุ้น และยกตัวอย่างในการตั้งคำถามนำ เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางการตั้งคำถาม นำการทดลองที่สามารถสำรวจตรวจสอบ ได้ และอธิบายอุปกรณ์พื้นฐาน เช่น แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด ความเข้มแสง

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นการ ออกแบบ วิธีการ ทดลองและ การเก็บ ข้อมูล	นักเรียนส่วนใหญ่เลือกตัว แปรใกล้เคียงกัน นักเรียน บางกลุ่มสามารถคิดตัวแปรที่ ตนต้องการจะเก็บที่ต่างจาก เพื่อน แต่ไม่สามารถ ออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลที่ เหมาะสม อุปกรณ์บางชิ้น ชำรุดเสียหายและอุปกรณ์ บางชิ้นไม่เพียงพอ นักเรียน บางส่วนไม่รู้จักวิธีการใช้งาน อุปกรณ์ และมีนักเรียน บางส่วนไม่ช่วยเหลือกลุ่มใน การทำงาน	ก่อนการจัดการเรียนรู้ใน วงรอบที่ 2 ผู้วิจัยตรวจเช็ค อุปกรณ์และเตรียมอุปกรณ์ให้ หลากหลาย และอธิบาย รายละเอียดอุปกรณ์สำคัญที่ จำเป็นต้องใช้ ให้คำแนะนำ รายการเพื่อเลือกตัวแปรที่ สามารถเก็บข้อมูลได้ รวมถึง แนะนำอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับ ตัวแปร กำหนดตัวแปรควบคุม โดยจะไม่เน้นให้คำตอบกับเด็ก โดยตรงแต่จะถามคำถาม กระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิด	นักเรียนสามารถออกแบบวาง แผนการทดลอง ตารางเก็บ ข้อมูล และดำเนินการทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลให้เพียงพอต่อ การสร้างข้อโต้แย้งเพื่อตอบ คำถามนำการทดลอง และเห็น ความสำคัญของหลักฐานที่ จะต้องนำเชื่อถือและ ครอบคลุมประเด็นที่จะนำไป สร้างข้อโต้แย้งเชิง วิทยาศาสตร์	ผู้สอนควรจัดเตรียมชุดทดลองในแต่ละ สถานการณ์เป็นหมวดหมู่ให้เรียนร้อย และ อธิบายวิธีการใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานที่ นักเรียนต้องใช้ จัดการกับตัวแปรแทรก ซ้อนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เปิดโอกาสให้ นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ก่อน โดยกำกับดูแลให้นักเรียนมีการเก็บ ข้อมูลที่ถูกต้องและควบคุมตัวแปรอื่นเพื่อ ไม่ให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน รวมทั้งเน้นย้ำ ความสำคัญของหลักฐานที่จำเป็นต่อการ สร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบ คำถามนำการทดลอง

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นการ วิเคราะห์ ข้อมูลและ สร้างข้อ โต้แย้งขั้นต้น	นักเรียนไม่มีพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็น ที่ทำการศึกษาคำทำให้แปลผล ข้อมูลคลาดเคลื่อนไปจาก ความเป็นจริงและทฤษฎี และบางส่วนของข้อมูลที่ไม่ เกี่ยวข้อง นักเรียนบางกลุ่ม ใช้อุปกรณ์ที่ตนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ ชิ้นนั้นน้อยทำให้การ วิเคราะห์ผลและการแปลผล ที่อ้างอิงถึงอุปกรณ์ผิดพลาด	ผู้วิจัยให้นักเรียนหาความรู้ เกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษามา ก่อนที่จะทำการทดลอง แต่มี บางกลุ่มที่ใช้ข้อมูลจากแหล่ง ภายนอกเป็นหลักโดยละเอียด การใช้หลักฐานจากการ ทดลองและผู้วิจัยเดินตรวจ ตามกลุ่มเพื่ออภิปรายร่วมกับ นักเรียนถึงวิธีการวิเคราะห์ ข้อมูล และอุปกรณ์โดยใช้ คำถามกระตุ้น เพื่อที่นักเรียน จะได้นำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง	นักเรียนสามารถสร้างข้อ โต้แย้งขั้นต้น โดยใช้หลักฐาน ที่มาจากผลการทดลองของ ตนเองร่วมกับการอภิปรายโดย ใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร และคำถามนำการทดลอง	ผู้สอนควรให้นักเรียนหาความรู้เพิ่มเติมที่ เกี่ยวกับประเด็นที่จะศึกษามาก่อน และ อธิบายความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อ การวัดและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้นักเรียน อภิปรายผลการทดลองจากหลักฐาน ร่วมกับทฤษฎี โดยใช้การให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนมีหน้าที่กำกับดูแล และคอยให้คำแนะนำในกรณีที่เกิดการ วิเคราะห์ข้อมูลคลาดเคลื่อนไปมาก โดยใช้ คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ด้วยตนเอง

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นการโต้แย้ง	นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการนำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเองมากเกินไป และนักเรียนบางคนโต้แย้งโดยไม่อ้างอิงหลักฐานหรือโต้แย้งในประเด็นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอพูดเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และควบคุมไม่ให้นักเรียนโต้แย้งนอกประเด็นมากเกินไป โดยตามคำถามเพื่อกระตุ้นให้กลับมาประเด็นหลัก แต่มีตัวแทนในการนำเสนอบางกลุ่มที่พูดนำเสนอไม่เก่ง ใช้เวลาที่กำหนดให้ในการพูดส่วนที่ไม่สำคัญและไม่เกี่ยวข้องข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัยให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้นำแบบบันทึกข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ฉายหน้าชั้นเรียน โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนพูดในส่วนที่เป็นข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ทันทีที่มีการนอกประเด็น นักเรียนสามารถโต้แย้ง แสดงความคิดเห็น และอภิปรายโดยใช้หลักฐานและทฤษฎีที่นำเสนอ	ผู้สอนควรกำหนดเวลาและสิ่งให้นักเรียนควรจะทำในช่วงการนำเสนอให้ชัดเจน และให้นำแบบบันทึกข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ฉายหน้าชั้นเรียน โดยผู้สอนมีหน้าที่คอยควบคุมควบคุมการโต้แย้งให้อยู่ในประเด็นหลัก และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และอภิปรายกันโดยใช้หลักฐานและทฤษฎีที่นำเสนอ



ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นการ กระจำมโน ทัศน์และการ อภิปรายเชิง สะท้อน	การจัดการเรียนรู้ในขั้นอื่นใช้ เวลามากเกินไปจนทำให้การ จัดการเรียนรู้ในขั้นนี้เหลือ เวลาในการอธิบายมโนทัศน์ เพียงนิดเดียว โดยไม่ได้ อภิปรายร่วมกับนักเรียนถึง กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	ผู้วิจัยจัดสรรเวลาในการจัด กิจกรรมขั้นอื่นให้น้อยลงและ ไม่กินเวลา โดยในขั้นนี้จะ อภิปรายเฉพาะประเด็นหลัก ให้ตรงประเด็นมากที่สุดและให้ ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด และ อภิปรายเชิงสะท้อนเกี่ยวกับ ข้อโต้แย้งขั้นต้นของนักเรียน และยกตัวอย่างข้อโต้แย้งที่ น่าสนใจบางกลุ่ม แก่ไขมโน ทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยสังเกต ความผิดพลาดและนำมา อภิปรายร่วมกัน	นักเรียนมีความเข้าใจในมโน ทัศน์หลักมากขึ้น หลังจากการ ทดลองและโต้แย้งกัน และมา เรียนจากผู้สอนอีกครั้ง โดย เชื่อมโยงกับผลการทดลองที่ นักเรียนได้อภิปรายไป และ นักเรียนสามารถเชื่อมโยง ความรู้เข้ากับเนื้อหาอื่นได้ดีขึ้น และสามารถอภิปรายโดยใช้ ความรู้ในหัวข้ออื่นมาประกอบ ได้ดี	ผู้สอนควรอภิปรายร่วมกับนักเรียนถึง ประเด็นหลักที่ศึกษา โดยพยายามใช้ ข้อมูลจากการทดลองของนักเรียนให้มาก ที่สุดเพื่อให้นักเรียนได้ขยายความรู้จากสิ่ง ได้ค้นพบและโต้แย้ง และโดยเชื่อมโยง ความรู้เรื่องที่เกี่ยวข้องเข้ากับประเด็นที่ ศึกษาผ่านการอภิปรายโดยใช้ทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง ผู้สอนควรแก้ไขความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อนจากการสังเกตข้อผิดพลาด ของนักเรียนระหว่างการโต้แย้ง

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นเขียนผล การสำรวจ	นักเรียนบางส่วนคัดลอก รายงานผลการทดลองของ เพื่อน และมีนักเรียนบางส่วน หาข้อมูลเพิ่มเติมแต่ข้อมูล ที่นักเรียนหามาเพิ่มเติมนั้น ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลอง บางส่วนยกทฤษฎีมาใส่ไว้ใน รายงานผลการทดลองโดยไม่ อธิบายว่าทฤษฎีที่ตนหามา นั้นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง หรือสนับสนุนผลการทดลอง ของตนอย่างไร	ผู้วิจัยบอกรายละเอียด เกี่ยวกับการเขียนรายงานผล การทดลองให้ละเอียดขึ้น โดย ให้ใบงานและหัวข้อที่นักเรียน จำเป็นจะต้องเขียนลงใน รายงานผลการทดลอง นักเรียนสามารถเขียนรายงาน ผลการทดลองได้ตรงประเด็น และครบถ้วน รายงานผลการ ทดลองบางเล่มไม่ได้ใช้ หลักฐานที่ได้จากการทดลอง แต่ใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ภายนอกเพียงอย่างเดียว	รายงานผลการทดลองของ นักเรียนครบทุกองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการ ทดลองเป็นหลัก และใช้ทฤษฎี จากแหล่งข้อมูลภายนอกมา สนับสนุน และอภิปรายข้อมูล ร่วมกับหลักฐานที่ได้จากการ ทดลอง โดยส่วนใหญ่สามารถ พัฒนาข้อโต้แย้งเชิง วิทยาศาสตร์ของตนเอง จาก การอภิปรายร่วมกับเพื่อนร่วม ห้องและครู	ผู้สอนควรจัดสรรเวลาในการเขียนรายงาน ให้เหมาะสม และให้นักเรียนพัฒนาการ เขียนเชิงวิทยาศาสตร์จากการเขียน รายงานผลการทดลองเพื่ออธิบายผลการ สืบสอบ โดยอ้างอิงจากหลักฐาน และใช้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการ อธิบายตามส่วนประกอบรายงานผลการ ทดลองที่กำหนดให้ โดยเน้นย้ำให้นักเรียน ใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลักและ ใช้ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลภายนอกมา สนับสนุน

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นการสุ่ม วิจารณ์แบบ ไม่ระบุตัวตน	กิจกรรมมีหลายองค์ประกอบ ให้นักเรียนวิจารณ์มาก เกินไป ทำให้ส่วนที่สำคัญนั้น คือการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ของแต่ละคน ไม่ได้รับการวิจารณ์อย่าง เหมาะสมเพราะเวลาไม่ เพียงพอ เนื่องจากนักเรียนใช้ เวลาในการวิจารณ์ส่วนอื่น ของรายงานผลการทดลอง มากเกินไปเช่นการสะกด คำผิดหรือความสวยงามใน การจัดหน้าและรูปแบบ	ก่อนที่จะเริ่มการวิจารณ์ รายงานผลการทดลองแบบไม่ ระบุตัวตน ผู้วิจัยเน้นย้ำให้ นักเรียนวิจารณ์ส่วนของการให้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อน นั่นคือให้วิจารณ์ส่วนของ สรุปผล ข้อกล่าวอ้างที่ตอบ คำถามนำการทดลอง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าว อ้างนั้น และคำชี้แจง ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง โดยจะ ยกตัวอย่างการวิจารณ์	นักเรียนสามารถเขียนวิจารณ์ รายงานผลการทดลองโดยดู จากหลักฐานและการประเมิน ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของ เพื่อนโดยใช้การให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ในการวิจารณ์ ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ	ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์ส่วนที่ เกี่ยวข้องกับผลการสืบสอบและข้อโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ก่อน และให้นักเรียน พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จาก การประเมินและแก้ไขการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ของผู้อื่น โดยครูคอยกระตุ้น ให้นักเรียนพิจารณาและวิจารณ์จาก หลักฐานและความสอดคล้องของการ อภิปรายผลและข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	วงรอบปฏิบัติการที่			วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ โต้แย้ง
	1	2	3	
ขั้นทบทวน แก้ไขและส่ง รายงาน	นักเรียนบางคนละเลยการ แก้ไขรายงานผลการทดลอง ตามคำวิจารณ์ของเพื่อนใน ห้อง แะระยะเวลาในการ คืนรายงานผลการทดลองสู่ เจ้าของ ใช้เวลานานเกินไป เพราะผู้วิจัยเป็นผู้ส่งรายงาน คืนให้นักเรียนด้วยตนเองจึง ดำเนินการเป็นไปอย่างล่าช้า	ผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนได้อ่าน คำวิจารณ์ของเพื่อนและเลือก ว่าจะแก้ไขตามคำแนะนำ หรือไม่ หากไม่แก้ไขตามคำ วิจารณ์นั้น จะต้องเขียนเหตุผล อธิบาย โดยผู้วิจัยกระตุ้นให้ แก้ไขรายงาน หลังจากเสร็จสิ้น การวิจารณ์รายงานผลการ ทดลอง ผู้วิจัยจะนำรหัส รายงานผลการทดลองฉาย หน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนนำ รายงานผลการทดลองส่งคืนสู่ เจ้าของ	นักเรียนเลือกที่จะแก้ไข รายงานของตนตาม คำแนะนำ หากนักเรียน พิจารณาแล้วว่าจะทำให้ รายงานผลการทดลองดีขึ้น หากคำแนะนำนั้นไม่ได้ช่วย ให้รายงานผลการทดลองดี ขึ้น นักเรียนก็จะไม่แก้ไข และ บอกเหตุผลกำกับว่าเหตุใด จึงไม่แก้ไข และหาข้อมูล เพิ่มเติมเพื่อให้รายงานผล การทดลองดีที่สุด	ผู้สอนควรให้เวลากับนักเรียนได้ตัดสินใจ แก้ไขรายงานผลการทดลองหลังจากที่ นักเรียนได้รับผลสะท้อน คำวิจารณ์ และ คำแนะนำ ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของตน โดยผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ นักเรียนคิดว่า สิ่งนี้นักเรียนโดนวิจารณ์ สมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และ นักเรียนควรแก้ไขตามคำแนะนำนั้นหรือไม่ หากไม่แก้ไขให้นักเรียนเขียนข้อความ เหตุผลว่าทำไมถึงไม่แก้ไข ลงในรายงานผล การทดลองฉบับที่เพื่อนวิจารณ์ไว้ด้วย

จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ควรมีวิธีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นดังนี้

### **ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ**

ผู้สอนเตรียมสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนและมีความสอดคล้องกับประเด็นที่จะศึกษา เช่น อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงที่นักเรียนใช้ในชีวิตประจำวัน ทัศนอุปกรณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและให้นักเรียนประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อตอบสนองต่อปรากฏการณ์นั้น และประเด็นที่จะศึกษาต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานมาก่อน โดยให้นักเรียนตั้งคำถามนำการทดลองเพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือประเด็นที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยที่ผู้สอนจะยกตัวอย่างในการตั้งคำถามนำ เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางการตั้งคำถามนำการทดลองที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ต่างๆต่อสถานการณ์เพื่อให้ได้คำถามนำการทดลองและตัวแปรที่นักเรียนต้องการจะวัดที่หลากหลาย จากนั้นผู้สอนอธิบายการใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในกิจกรรม เช่น แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความเข้มแสง

### **ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล**

ผู้สอนให้นักเรียนออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล หรือวิธีการทดลองเพื่อหาหลักฐานในการสร้างข้อโต้แย้งเพื่อตอบคำถามนำการทดลองที่ได้ตั้งไว้ก่อนหน้า โดยผู้สอนจะอธิบายวิธีการใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง โดยผู้สอนกำกับดูแลให้นักเรียนมีการออกแบบการเก็บข้อมูลและดำเนินการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องครอบคลุมต่อคำถามนำการทดลอง โดยเน้นย้ำความสำคัญของหลักฐานที่จำเป็นต่อการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามนำการทดลอง

### **ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น**

ผู้สอนให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และอภิปรายผลการทดลองจากหลักฐานร่วมกับทฤษฎีที่ค้นคว้ามาก่อน โดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ผู้สอนอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์การทดลองบางชนิดที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ความคลาดเคลื่อนและข้อจำกัดในการวัดของอุปกรณ์ รวมทั้งผลกระทบต่อดีกรีจากการใช้อุปกรณ์นั้น ในขณะที่นักเรียนทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น ผู้สอนมีหน้าที่กำกับดูแล และคอยให้คำแนะนำในกรณีที่การวิเคราะห์ข้อมูลคลาดเคลื่อนไปมาก

และเน้นย้ำให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งขึ้นต้นจากหลักฐานที่ได้จากการทดลอง ทฤษฎีต่างๆ เช่น สมบัติเชิงกายภาพของแสง สมบัติของคลื่น และแนวการเดินทางของแสง

### **ขั้นการโต้แย้ง**

ผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้งขึ้นต้นของกลุ่มตนเองในเวลาที่กำหนด และให้นำแบบบันทึกข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ฉายหน้าชั้นเรียน โดยผู้สอนมีหน้าที่คอยควบคุม ควบคุมการโต้แย้งให้อยู่ในประเด็นหลัก และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และอภิปรายกันโดยใช้หลักฐานและทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ หากไม่มีนักเรียนโต้แย้งกันให้ผู้สอนถามคำถามกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ถึงความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์ของข้อโต้แย้งของกลุ่มที่นำเสนอ

### **ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน**

ผู้สอนอภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงประเด็นหลักที่ศึกษา โดยพยายามใช้ข้อมูลจากการทดลองของนักเรียนให้มากที่สุดเพื่อให้นักเรียนได้ขยายความรู้จากสิ่งได้ค้นพบและโต้แย้ง จากนั้นเชื่อมโยงความรู้เรื่องที่เกี่ยวข้อง เช่น สมบัติของแสง สมบัติของคลื่น เข้ากับประเด็นที่ศึกษา ผ่านการอภิปรายโดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หากนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากขั้นการโต้แย้งก่อนหน้าให้ผู้สอนแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นโดยใช้หลักฐานหรือข้อโต้แย้งที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนประกอบการอภิปราย

### **ขั้นเขียนผลการสำรวจ**

ผู้สอนให้นักเรียนรายงานผลการทดลองรายบุคคลเพื่ออธิบายผลการสืบสอบ และข้อโต้แย้งสรุปสุดท้ายของตน โดยกำหนดส่วนประกอบรายงานผลการทดลอง 7 ส่วนประกอบคือ คำถามนำการทดลอง ตัวแปรที่เลือก วิธีการทดลอง ตารางการทดลอง ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการอ้างเหตุผล โดยเน้นย้ำให้นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองจากการอ้างอิงหลักฐาน และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการอธิบาย และเน้นย้ำให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลักและใช้ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลภายนอกมาสนับสนุน และให้นักเรียนส่งสำเนารายงานผลการทดลองของตนเอง 3 ฉบับไม่รวมฉบับจริง

### **ขั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน**

ผู้สอนสุ่มแจกสำเนารายงานผลการทดลองของเพื่อนให้นักเรียนวิจารณ์ โดยที่ผู้สอนทำรหัสแทนชื่อนักเรียนเพื่อไม่ให้นักเรียนรู้ว่าตนกำลังวิจารณ์รายงานผลการทดลองของใครอยู่ โดยเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลการสืบสอบและข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และให้นักเรียนประเมินและแก้ไขการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้อื่นว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ หากไม่สมเหตุสมผลควรแก้ไขเป็นอย่างไร หากสมเหตุสมผลแล้วสามารถพัฒนาข้อโต้แย้งได้อีก

หรือไม่ อย่างไรก็ตาม ให้นักเรียนได้ให้คำแนะนำเพื่อน โดยผู้สอนมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาและวิจารณ์จากหลักฐานและความสอดคล้องของการอภิปรายผลและข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

### **ขั้นตอนทวนแก้ไขและส่งรายงาน**

ผู้สอนให้นักเรียนคืนรายงานผลการทดลองให้แก่เจ้าของรายงานโดยแสดงรหัสที่ได้ตั้งไว้ก่อนหน้า และให้นักเรียนตัดสินใจแก้ไขรายงานผลการทดลองหลังจากที่นักเรียนได้รับผลสะท้อน คำวิจารณ์ และคำแนะนำ ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของตน โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดว่า สิ่งที่นักเรียนได้นิยามสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และนักเรียนควรแก้ไขตามคำแนะนำนั้นหรือไม่ หากไม่แก้ไขให้นักเรียนเขียนข้อความเหตุผลว่าทำไมถึงไม่แก้ไขลงในรายงานผลการทดลองฉบับที่เพื่อนวิจารณ์ไว้ด้วย ให้นักเรียนส่งรายงานผลการทดลองฉบับที่แก้ไขแล้วและสำเนาที่ถูกรีวิวทั้ง 3 ฉบับให้ผู้สอน

ทั้งนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้ผู้สอนควรจัดเตรียมชุดทดลองในแต่ละสถานการณ์เป็นหมวดหมู่ให้เรียนหรือก่อนเริ่มการเรียนรู้ และจัดการกับตัวแปรแทรกซ้อนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เช่น แสงที่กระทบจากภายนอก ผู้และควรให้นักเรียนหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่จะศึกษา มาก่อนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

**ตอนที่ 2 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์**

ผู้วิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียนทั้ง 3 วงรอบ โดยเก็บข้อมูลจากรายงานผลการทดลองของนักเรียน และแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว โดยเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนครบ 3 วงรอบ โดยองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ 1) ข้อสรุป (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) 3) การอ้างเหตุผล (Justification) ซึ่งในรายงานผลการวิจัยจะนำเสนอระดับของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนดังนี้

**1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง**

การนำเสนอผลการวิจัยในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะเสนอผลการศึกษาการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการวิเคราะห์แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ จำนวน 6 ข้อ รูปแบบของข้อสอบเป็นแบบทดสอบ 2 ชั้น โดยที่ตอนแรก

เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และตอนที่สองจะเป็นแบบเขียน โดยถามหาเหตุผลที่นักเรียนเลือก  
ตัวเลือกตอบในตอนที 1 ซึ่งแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่ม  
ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 กลุ่มตามเกณฑ์ของ ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา  
ลดชาติ (2556)

ผลการศึกษการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากแบบวัดการให้เหตุผล  
เชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์แบบวัดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้มาหาระดับ  
นักเรียนที่แสดงถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยแยกตามข้อคำถามจาก  
แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ของ ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา ลดชาติ  
(2556) แสดงผลได้ดังตาราง 4 จำนวนคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับจากแบบวัดการให้เหตุผล  
เชิงวิทยาศาสตร์





ตาราง 4 จำนวนคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับจากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อคำถาม (เรื่อง)	จำนวนนักเรียน	ช่วงที่ทำ การวัด	จำนวนคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับ			
			ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4
ข้อที่ 1 (แสงและเงา : แหล่งกำเนิดเดียว)	27	ก่อนเรียน	10 (37)	9 (33)	5 (19)	3 (11)
	30	หลังเรียน	0 (0)	2 (7)	10 (33)	18 (60)
ข้อที่ 2 (แสงและเงา : แหล่งกำเนิดมากกว่า 1)	27	ก่อนเรียน	2 (7)	1 (4)	19 (70)	5 (19)
	30	หลังเรียน	0 (0)	0 (0)	20 (67)	10 (33)
ข้อที่ 3 (เลนส์บาง : การเกิดภาพ)	27	ก่อนเรียน	4 (15)	5 (18)	10 (37)	8 (30)
	30	หลังเรียน	0 (0)	2 (7)	18 (60)	10 (33)
ข้อที่ 4 (เลนส์บาง : เลนส์ประกอบ)	27	ก่อนเรียน	2 (7)	8 (30)	10 (37)	7 (26)
	30	หลังเรียน	0 (0)	1 (3)	12 (40)	17 (57)
ข้อที่ 5 (แสงและการถนอมสายตา : การถนอมสายตา)	27	ก่อนเรียน	1 (4)	6 (22)	13 (48)	7 (26)
	30	หลังเรียน	0 (0)	0 (0)	7 (23)	23 (77)
ข้อที่ 6 (แสงและการถนอมสายตา : ความสว่าง)	27	ก่อนเรียน	3 (11)	2 (7)	17 (63)	5 (19)
	30	หลังเรียน	0 (0)	0 (0)	13 (43)	17 (57)
<b>รวม</b>	27	ก่อนเรียน	22 (14)	31 (18)	74 (46)	35 (22)

\*หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บแสดงถึงร้อยละของจำนวนคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับ

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ ก่อนและหลัง การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถสรุปได้จากร้อยละของระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ตอบคำถามในแบบวัด ทั้งหมด 6 ข้อ จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการ เรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งแสดงไว้ใน ตาราง 4.2 ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลจากการวิเคราะห์ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ นักเรียน เป็น 2 ตอน คือ ก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และหลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1.1 ผลจากการวิเคราะห์ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อน การจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธี การโต้แย้ง

ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อน ด้วยกลวิธีการโต้แย้ง คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ อยู่ในระดับ 3 (ร้อยละ 46) เนื่องจากนักเรียนได้อธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้ แต่ไม่ได้ชี้แจงว่าเกี่ยวข้องกับการกล่าวอ้างและสถานการณ์อย่างไร รองลงมา คือระดับที่ 2 (ร้อยละ 23) ซึ่งเป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนไม่สามารถระบุหลักฐานที่ใช้ในการตอบ คำถามในตอนต้นที่ 1 โดยมีนักเรียนร้อยละ 14 ที่ไม่สามารถตอบคำถามในตอนต้นที่ 1 ได้ถูกต้อง จึงถูกจัดระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นระดับที่ 1 เพราะถือว่าข้อสรุปของนักเรียน ไม่ถูกต้อง และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 17 ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ซึ่งเป็นระดับที่ นักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนทุกองค์ประกอบที่สำคัญ โดยคำตอบที่นักเรียนตอบในแต่ละระดับ ผู้วิจัยจะนำเสนอแยกตามรายข้อคำถาม ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

#### คำถามข้อที่ 1 เรื่อง แสงและเงา: แหล่งกำเนิดแสงแหล่งเดียว

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งแหล่งส่องผ่านวัตถุทึบแสง ขึ้นหนึ่ง และให้นักเรียนเลือกตอบลักษณะเงาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว ซึ่งตัวเลือกที่ ถูกต้องคือ รูปที่มีทั้งเงามืดและเงามัวโดยมีเงามืดอยู่ตรงกลางซึ่งมีลักษณะเข้มกว่าเงามัวที่ล้อมอยู่ ด้านนอก จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 1 ตอนต้นที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมดจำนวน 27 คน มีจำนวน 17 คน (ร้อยละ 63) สามารถเลือกตัว

เลือกตอบได้ถูกต้อง และมีนักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 37) เลือกตัวเลือกตอบอื่น ซึ่งส่วนใหญ่จะเลือกตอบรูปที่มีเงาความเข้มเดียว และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 1 ตอนที่ 2 พบว่านักเรียนจำนวน 9 คน (ร้อยละ 33) ไม่สามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาที่ใช้ในการเลือกตัวเลือกในตอนที่ 1 ได้ถูกต้อง ว่าเหตุใดเงาที่นักเรียนเลือกจึงมีลักษณะเป็น เงามืดที่ตรงกลางเข้ม และมีเงามัวล้อมรอบ โดยมีตัวอย่างดังภาพที่ 13 ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 เช่น นักเรียนระบุว่าเกิดเงาซ้อนกันหลายเงา ซึ่งไม่ถูกต้องเพราะเงาเกิดเพียงแคเงาเดียว แต่ที่มีทั้งเงามืดและเงามัว ทำให้เห็นเงามีหลายความเข้ม

เพราะทิศทางของแสงจาก แล่งกำเนิดกรงงได้ แล่งทิศทาง คงสามารถทำให้เกิดเงาได้ แล่งเงา  
และ ที่เงาจาก คณิตศาสตร์ที่โลกอยู่ในทิศทาง <sup>อื่น</sup> กัน ทำให้เกิดเงาแนวตั้งคนเป็นเงาซ้อนแล่งเงาอื่น

ภาพ 13 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 2, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

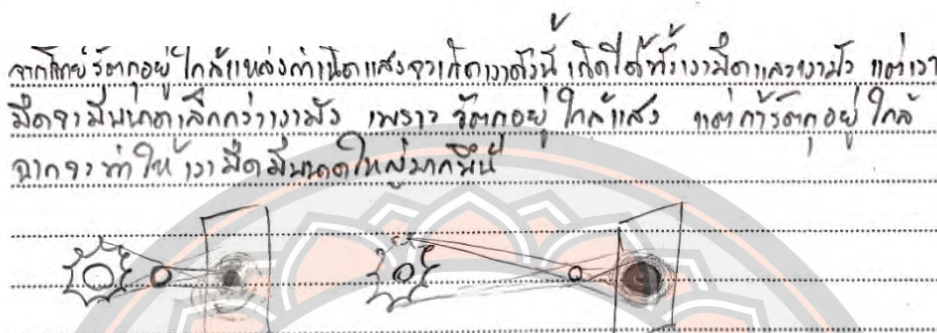
โดยที่นักเรียนจำนวน 5 คน (ร้อยละ 19) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาได้ถูกต้อง แต่ไม่ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีตัวอย่างดังรูปที่ 14

เห็นจากแนวเงาเงาที่มีขนาดเล็กลงผ่านวัตถุกับเงาจะก่อให้เกิดทั้งเงามืดและเงามัว ซึ่ง  
เงามืดจะอยู่ด้านใน เงามัวจะอยู่ด้านนอก

ภาพ 14 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 18, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

และมีนักเรียนจำนวน 3 คน (ร้อยละ 11) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 15



ภาพ 15 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

**ที่มา:** นักเรียนเลขที่ 33, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

#### คำถามข้อที่ 2 เรื่อง แสงและเงา: แหล่งกำเนิดมากกว่า 1 แหล่ง

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีแหล่งกำเนิดแสงหลายแหล่งส่องผ่านวัตถุที่บดบังขึ้นหนึ่ง และให้นักเรียนเลือกตอบลักษณะเงาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ รูปที่มีทั้งเงามีหลายสามเงาโดยเงาตรงกลางมีความเข้มมากที่สุดและมีเงาแยกออกจากเงาตรงกลางทั้งซ้ายและขวา โดยมีความเข้มน้อยกว่าเงาตรงกลาง จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 2 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 27 คน มีจำนวน 25 คน (ร้อยละ 93) สามารถเลือกตัวเลือกตอบได้ถูกต้อง และมีนักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 7) เลือกตัวเลือกตอบอื่น ซึ่งจะเลือกตอบ รูปที่มีเงาหลายเงาแต่มีความเข้มเท่ากัน และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 2 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียนจำนวน 1 คน (ร้อยละ 4) ไม่สามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาที่ใช้ในการเลือกตัวเลือกในตอนที่ 1 ได้ถูกต้อง ว่าเหตุใดเงาที่นักเรียนเลือกจึงมีลักษณะเป็นดังตัวเลือกตอบ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 16 ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 เพราะนักเรียนแค่อธิบายสถานการณ์และตัวเลือกที่ตอบ

เพื่อวงศ ภาพของดวงไฟ หลวงไฟ ภาควิชาที่ ก็ใน เกิดเหตุที่ ต่างๆ อธิบายที่ ค.

ภาพ 16 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 15, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

โดยที่นักเรียนจำนวน 19 คน (ร้อยละ 70) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน  
ระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาได้ถูกต้อง แต่อธิบายความสัมพันธ์  
ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ  
17 การที่เงาแต่ละเงามีความเข้มไม่เท่ากันเป็นเพราะมุมที่แสงตกกระทบ ทำให้เงาตรงกลางเป็นเงา  
ซ้อนที่เกิดจากการซ้อนทับกันของเงาหลายๆเงา และเงาที่มีความเข้มน้อยกว่าเพราะแสงจาก  
แหล่งกำเนิดอื่นส่องไปบริเวณนั้น

เนื่องจาก มี หลอดไฟ จำนวน ๓หลอด บริเวณ ลานจอดรถ จีวรที่ใต้ ใต้เงา  
ทลอบเงา และในบริเวณที่ ทำหน้าที่ ในบริเวณ ลานจอดรถ จะมีหลอดไฟที่ อยู่ใกล้ เรายกที่ใต้  
จีวรที่ใต้ ใต้เงา จีวรที่ ค. เหตุผลว่า หลอดไฟที่อยู่ ใกล้ ใกล้

ภาพ 17 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 3, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

และมีนักเรียนจำนวน 5 คน (ร้อยละ 19) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน  
ระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง  
หลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 18

.....  
 เพาะแสงสว่างจากแหล่งกำเนิด 1 แหล่ง ทำให้เกิดเงาได้หลายเงา และขณะนั้นสว่างสว่าง  
 จากแหล่งกำเนิดหลายแหล่ง อาจจะทำให้เกิดเงาที่มก<sup>ขึ้น</sup>เงา ปรากฏที่เห็นเป็น 3 เงาเพราะ  
 .....  
 ปรากฏการณ์ที่เงาซ้อนกัน

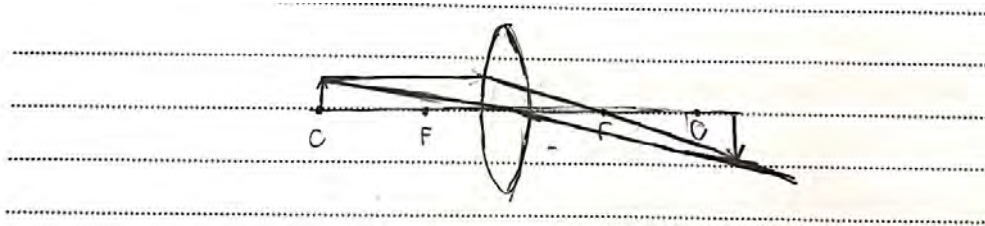
ภาพ 18 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 2, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

### คำถามข้อที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง: การเกิดภาพ

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีเทียนไขวางอยู่ที่จุดศูนย์กลางความโค้งของ  
 เลนส์นูน และให้นักเรียนเลือกตอบลักษณะและขนาดของภาพเกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว  
 ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ ตัวเลือกตอบ: ภาพจริงหัวกลับขนาดเท่ากับวัตถุ จากผลการตรวจแบบวัด  
 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ  
 สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 3 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 27 คน  
 มีจำนวน 21 คน (ร้อยละ 85) สามารถเลือกตัวเลือกตอบได้ถูกต้อง และมีนักเรียนจำนวน 4 คน  
 (ร้อยละ 15) เลือกตัวเลือกตอบอื่น ซึ่งจะเลือกตัวเลือกตอบ: ภาพจริงหัวกลับขนาดใหญ่กว่าวัตถุ  
 และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 3 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียนจำนวน 12 คน (ร้อยละ 44)  
 ไม่เขียนอธิบายในตอนที่ 2 ว่าเหตุใดนักเรียนจึงเลือกตัวตอบข้อนั้น จึงจัดให้อยู่ในการให้เหตุผล  
 เชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2

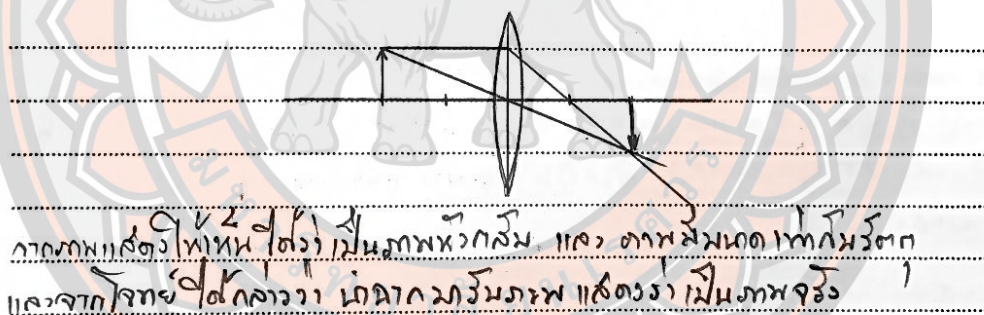
โดยที่นักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 37) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน  
 ระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานโดยการวาดเส้นทางการเดินทางของแสงได้ถูกต้องแต่ไม่ได้  
 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 19



ภาพ 19 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 3 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 6, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

และมีนักเรียนจำนวน 8 คน (ร้อยละ 30) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 20



ภาพ 20 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 3 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 33, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

#### คำถามข้อที่ 4 เรื่อง เลนส์บาง : เลนส์ประกอบ

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเลือกชนิดและลำดับของเลนส์บางสองชิ้นมาประกอบกันเพื่อทำกล้องโทรทรรศน์ ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ เลนส์ใกล้วัตถุเป็นเลนส์นูนเพื่อรวมแสง และใช้เลนส์ใกล้ตาเป็นเลนส์นูนหรือเลนส์เว้าก็ได้ แต่จะต้องอธิบายเหตุผลให้ถูกต้องในตอนที่ 2 จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

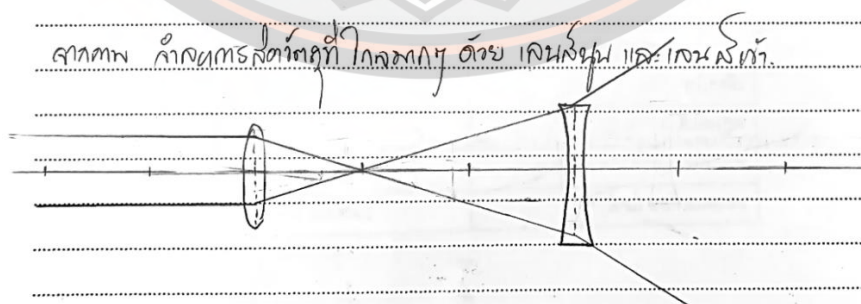
ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 4 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 27 คน มีจำนวน 25 คน (ร้อยละ 93) เลือกตัวเลือกตอบที่มีเลนส์นูนเป็นเลนส์ใกล้วัตถุ และมีนักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 7) เลือกตัวเลือกตอบที่มีเลนส์ว่าเป็นเลนส์ใกล้วัตถุ ซึ่งไม่ถูกต้องและจะถูกจัดระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 1 และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 4 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียนจำนวน 8 คน (ร้อยละ 30) ไม่ระบุหลักฐานหรือทฤษฎีที่ใช้ในการเลือกตัวเลือกในตอนที่ 1 โดยมีตัวอย่างดังภาพ 21 ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 เพราะนักเรียนแค่อธิบายสถานการณ์และตัวเลือกที่ตอบ

เลนส์ ใกล้วัตถุ เลนส์ นูน เลนส์ ใช้ แก้ว

ภาพ 21 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 4 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 7, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

โดยที่นักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 37) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานการวาดเส้นทางการเดินทางของแสงได้ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ว่าทำไมจึงเลือกชนิดและลำดับเลนส์ของเลนส์เช่นนั้น โดยมีตัวอย่างดังภาพ 22

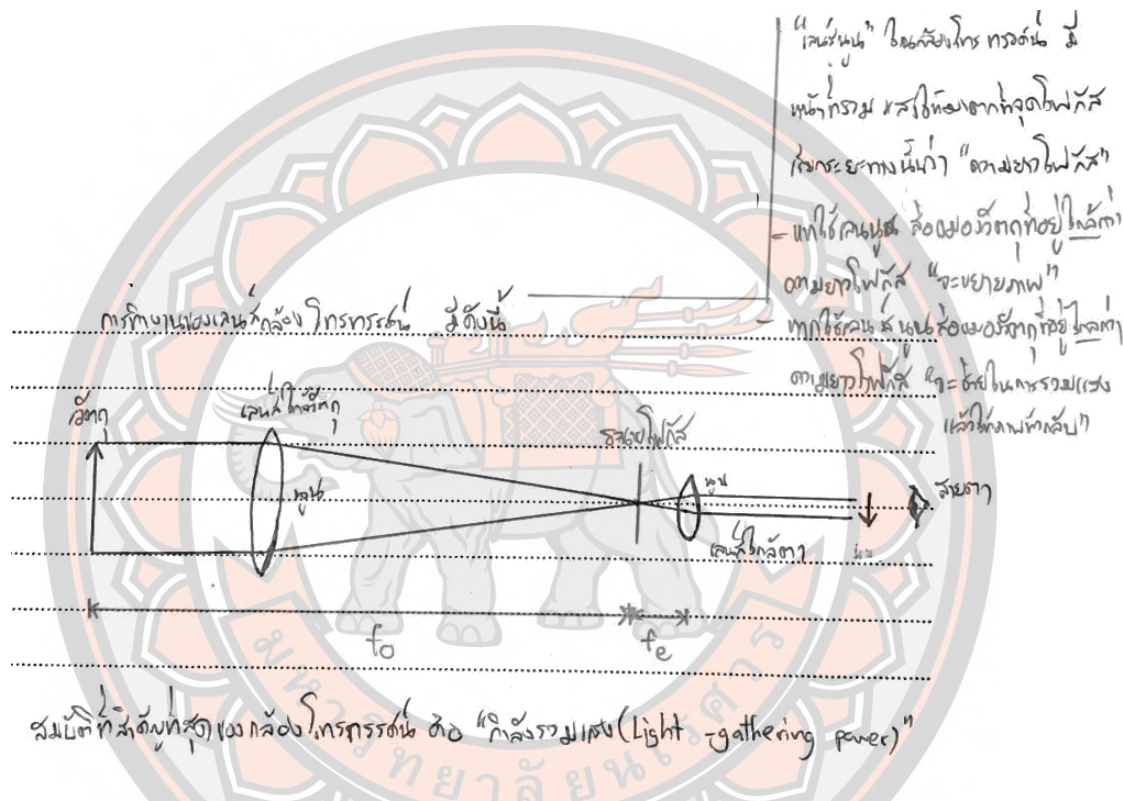


ภาพ 22 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 4 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 19, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561



และมีนักเรียนจำนวน 7 คน (ร้อยละ 26) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานโดยการวาดเส้นทางการเดินแสงของเลนส์ประกอบ รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 23



ภาพ 23 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 4 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 4, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561)

**คำถามข้อที่ 5 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา : การถนอมสายตา**

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเลือกชนิดและสีของเลนส์บางหนึ่งขึ้นเพื่อทำแว่นกันแดด ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ จะต้องใช้เลนส์สีส้มโทนแดง เพื่อกองให้เหลือแต่แสงความถี่ต่ำ และสามารถเลือกเลนส์ชนิดใดก็ได้ แต่จะต้องอธิบายเหตุผลให้ถูกต้องในตอนที่ 2 จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 5 ตอนที่ 1 พบว่า

นักเรียนทั้งหมด 27 คน มีจำนวน 26 คน (ร้อยละ 96) เลือกตัวเลือกตอบที่ใช้เลนส์สีส้มโทนแดง และมีนักเรียนจำนวน 1 คน (ร้อยละ 4) เลือกตัวเลือกตอบที่ใช้เลนส์สีน้ำเงินโทนม่วง ซึ่งไม่ถูกต้อง และจะถูกจัดระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 1 และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 5 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียนจำนวน 6 คน (ร้อยละ 22) ไม่สามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องครบทุกประเด็น เช่น นักเรียนระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนการเลือกชนิดของเลนส์ แต่ไม่ได้ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนการเลือกสีของเลนส์ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 24 ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

ภาพ 24 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 5 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 7, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

โดยที่มีนักเรียนจำนวน 7 คน (ร้อยละ 26) ที่มีกรให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานว่าเหตุใดจึงเลือกชนิดและสีเลนส์เช่นนั้น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 25

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

ภาพ 25 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 5 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 18, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561



โดยที่นักเรียนจำนวน 17 คน (ร้อยละ 63) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานโดยการคำนวณความส่องสว่างที่จำเป็นต้องใช้ แต่ไม่สามารถอธิบายไปยังสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 27

จากสูตร  $E = \frac{F}{A}$

ต่อมารนา  $F \rightarrow F = EA$

$$= 500(50) - 1000(50)$$

$$= 25,000 - 50,000 \text{ Nm.}$$

ดังนั้นต้องใช้แรงกดไฮดรอลิกไว้ความดันสูงที่มี  $F = 26,000 \text{ Nm.}$  #

ภาพ 27 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 6 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 27, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

และมีนักเรียนจำนวน 5 คน (ร้อยละ 19) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานว่าเหตุใดจึงเลือกชนิดและสีเลนส์เช่นนั้น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 28

เพราะจากการคำนวณด้วยสูตร  $E = \frac{F}{A}$  ถ้าต้องการความส่องสว่าง 300-500 วัตต์  
ในโพรง 50 ตร.เมตร  $300-500 = \frac{F}{A}$   $F = 1500$  ถึง 25000 นิวตัน

โดยแรงกดสูงไว้ที่การให้พลังงานแล้วใกล้ถึงกับสูงคือ แรงกดไฮดรอลิกไว้ความดันสูง

ภาพ 28 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 6 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 20, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน, 11 มกราคม 2561

โดยสรุปแล้วก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ อยู่ในระดับ 3 เนื่องจากนักเรียนได้อธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้ แต่ไม่ได้ชี้แจงว่าเกี่ยวข้องกับกรกล่าวอ้างและสถานการณ์อย่างไร ซึ่งทำให้ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปไม่ถึงระดับ 4 ซึ่งเป็นระดับสูงสุด

## 1.2 ผลจากการวิเคราะห์ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ อยู่ในระดับ 4 (ร้อยละ 53) ซึ่งเป็นระดับสูงสุดที่แสดงว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนทุกองค์ประกอบที่สำคัญของลงมาคือระดับที่ 3 (ร้อยละ 44) เนื่องจากนักเรียนได้อธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้ แต่ไม่ได้ชี้แจงว่าเกี่ยวข้องกับกรกล่าวอ้างและสถานการณ์อย่างไร และระดับสุดท้ายคือระดับที่ 2 (ร้อยละ 3) ซึ่งเป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนไม่สามารถระบุหลักฐานที่ใช้ในการตอบคำถามในตอนที่ 1 และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 1 หลังจากจบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยคำตอบที่นักเรียนตอบในแต่ละระดับ ผู้วิจัยจะนำเสนอแยกตามรายข้อคำถาม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### คำถามข้อที่ 1 เรื่อง แสงและเงา: แหล่งกำเนิดแสงแหล่งเดียว

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งแหล่งส่องผ่านวัตถุทึบแสงขึ้นหนึ่ง และให้นักเรียนเลือกตอบลักษณะเงาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ รูปที่มีทั้งเงามืดและเงามัวโดยมีเงามืดอยู่ตรงกลางซึ่งมีลักษณะเข้มกว่าเงามัวที่ล้อมอยู่ด้านนอก จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในคำถามข้อที่ 1 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมดจำนวน 30 คน สามารถเลือกตัวเลือกตอบได้ถูกต้อง และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 1 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 7) ไม่สามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาที่ใช้ในการเลือกตัวเลือกในตอนที่ 1 ได้ถูกต้อง ว่าเหตุใดเงาที่นักเรียนเลือกจึงมีลักษณะเป็น เงามืดที่ตรงกลางเข้มและมีเงามัวล้อมรอบ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 29 ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2

.....ผลมาจรรวมของระหว่งแล่งกับวิถักงักองกิจกัเกิดกัังสัษัษั.....

**ภาพ 29 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน**

**ที่มา:** นักเรียนเลขที่ 8, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

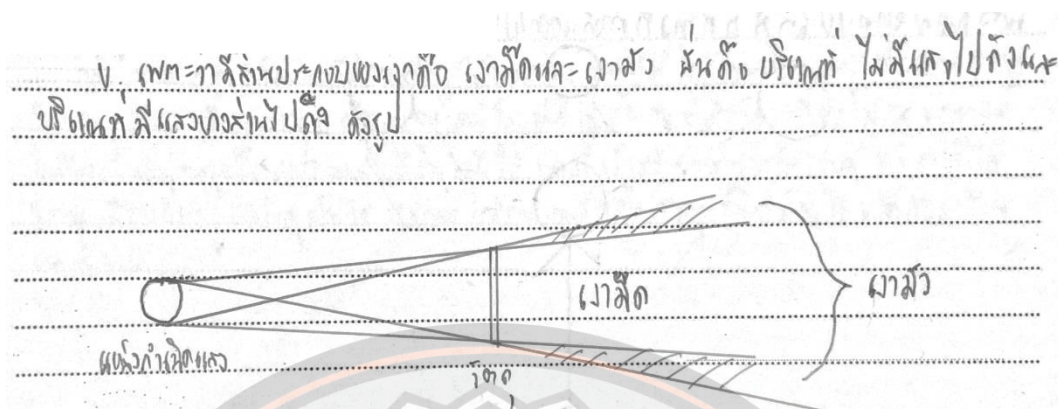
โดยที่นักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 33) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์  
ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาได้ถูกต้อง แต่ไม่ได้อธิบาย  
ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีตัวอย่างดัง  
ภาพ 30

การเกิดเงา : เมื่อแสงตกกระทบวัตถุทึบแสง แสงจะไม่สามารถผ่านวัตถุ  
จึงทำให้เกิดเงา เป็น ๑ ชนิด

**ภาพ 30 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน**

**ที่มา:** นักเรียนเลขที่ 25, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

และมีนักเรียนจำนวน 18 คน (ร้อยละ 60) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์  
ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง  
หลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 31



ภาพ 31 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียนในคำถามข้อที่ 1 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 1, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

### คำถามข้อที่ 2 เรื่อง แสงและเงา: แหล่งกำเนิดมากกว่า 1 แหล่ง

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีแหล่งกำเนิดแสงหลายแหล่งส่องผ่านวัตถุที่บดบังแสงขึ้นหนึ่ง และให้นักเรียนเลือกตอบลักษณะเงาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ รูปที่มีทั้งเงามืดหลายสามเงาโดยเงาตรงกลางมีความเข้มมากที่สุดและมีเงาแยกออกจากเงาตรงกลางทั้งซ้ายและขวา โดยมีความเข้มน้อยกว่าเงาตรงกลาง จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 2 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 30 คน สามารถเลือกตัวเลือกตอบได้ถูกต้อง และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 2 ตอนที่ 2 พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใด ถูกจัด อยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 โดยที่นักเรียนจำนวน 20 คน (ร้อยละ 67) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงาได้ถูกต้อง แต่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ไม่ครบถ้วน โดยมีตัวอย่างดังภาพ 32 การที่เกิดหลายเงาเพราะมีแหล่งกำเนิดแสงหลายแหล่งนั้นถูกต้องแล้ว แต่ยังขาดการอธิบายว่าทำไมเงาตรงกลางถึงเข้มกว่า และมีนักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 33) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 33

การเกิดเงา คือ การที่แสงตกกระทบบนวัตถุทึบแสง แสงไม่สามารถ  
 ผ่านได้ จึงทำให้เกิดเงา แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เงามืด กับ เงามัว  
 แต่ที่ เกิด ในลักษณะ อย่างข้อ ค เพราะ มี แหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็ก เกิดเป็น  
 ปลายเงา

ภาพ 32 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 32, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

เนื่องจากเงามืดเกิดจากแสงที่เดินทางเป็นเส้นตรง จึงเกิดเงามืด  
 และเกิดเงามัวด้วย เพราะแสงเดินทางเป็นเส้นตรง แต่เมื่อแสงเดินทางผ่านวัตถุ  
 ส่วนบนของเงามืดคือเงามืดที่เกิดจากแสงที่เดินทางเป็นเส้นตรง ส่วนบนของเงามืด  
 หรือ อธิบาย จากกรณีศึกษาที่ให้ลงไปอยู่ด้านหลัง

ภาพ 33 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 2 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

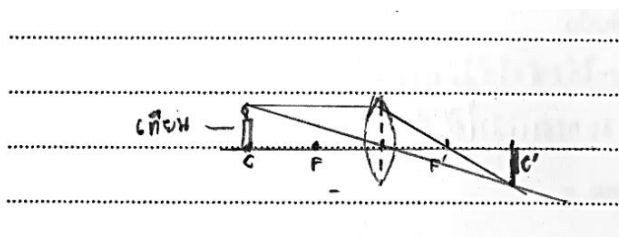
ที่มา: นักเรียนเลขที่ 14, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

คำถามข้อที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง: การเกิดภาพ

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีเขียนไขว่คว้าอยู่ที่จุดศูนย์กลางความโค้ง  
 ของเลนส์นูน และให้นักเรียนเลือกตอบลักษณะและขนาดของภาพเกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว  
 ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ ตัวเลือกตอบ: ภาพจริงหัวกลับขนาดเท่ากับวัตถุ จากผลการตรวจแบบวัด  
 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ  
 สืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 3 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 30 คน  
 สามารถเลือกตัวเลือกตอบได้ และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 3 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียน  
 จำนวน 2 คน (ร้อยละ 7) ไม่เขียนอธิบายในตอนที่ 2 ว่าเหตุใดนักเรียนจึงเลือกตัวตอบข้อนั้น  
 จึงจัดให้อยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2

โดยที่นักเรียนจำนวน 18 คน (ร้อยละ 60) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์  
 ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานโดยการวาดเส้นทางการเดินทางของแสงได้ถูกต้องแต่ไม่ได้  
 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 34

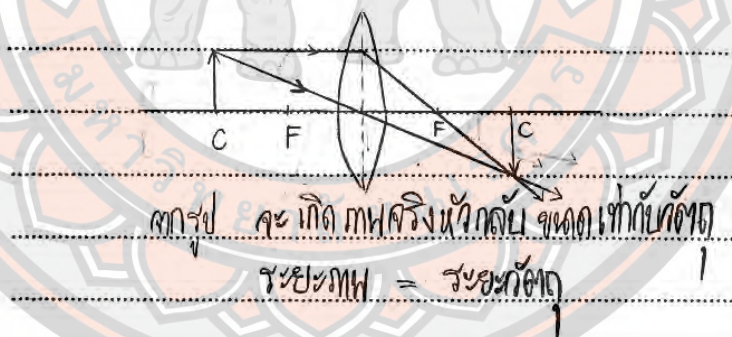




ภาพ 34 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 3 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 20, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

และมีนักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 33) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์  
ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานหรือทฤษฎีการเกิดเงา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง  
หลักฐานหรือทฤษฎีที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ 35



ภาพ 35 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 3 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 7, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

#### คำถามข้อที่ 4 เรื่อง เลนส์บาง : เลนส์ประกอบ

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเลือกชนิดและลำดับของเลนส์บาง  
สองชิ้นมาประกอบกันเพื่อทำกล้องโทรทรรศน์ ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ เลนส์ใกล้วัตถุเป็นเลนส์  
นูนเพื่อรวมแสง และใช้เลนส์ใกล้ตาเป็นเลนส์นูนหรือเลนส์เว้าก็ได้ แต่จะต้องอธิบายเหตุผล

ให้ถูกต้องในตอนี่ 2 จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 4 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 30 คน เลือกตัวเลือกตอบที่มีเลนส์นูนเป็นเลนส์ใกล้วัตถุ และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 4 ตอนที่ 2 พบว่า นักเรียนจำนวน 1 คน (ร้อยละ 3) ไม่ระบุหลักฐานหรือทฤษฎีที่ใช้ในการเลือกตัวเลือกในตอนี่ 1 โดยมีตัวอย่างดังภาพ 36 ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 เพราะนักเรียนแค่อธิบายสถานการณ์

เลนส์ชนิดนูน หนีไปงววัตถุที่ดวงมองดู ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ ที่หนาที่รวมแสง เลนส์จุด  
นั้งมีหลอดเล็ก ใช้ถ่านรับมอง เรียกเลนส์ใกล้วัตถุ เผลอที่ถ่านรับ ทำไฟเกิดองพารวี่หลอด

ภาพ 36 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 4 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 27, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

โดยที่นักเรียนจำนวน 12 คน (ร้อยละ 40) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานการวาดเส้นทางการเดินทางของแสงได้ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ว่าทำไมจึงเลือกชนิดและลำดับเลนส์ของเลนส์เช่นนั้น โดยมีตัวอย่างดังภาพ 37

โดยเลนส์นูน หนีเลนส์ใกล้ตา ส่วนเลนส์ที่ 2 ก็คือเลนส์นูนแต่อยู่ใกล้วัตถุ  
โดยใช้รวมแสง และเลนส์ ๓ ๓๗๕๕๖ โดยสร้างหน้าแก้ว ครอบวัตถุใกล้เลนส์ใกล้วัตถุ  
จึงได้ภาพจริง หัวกลับ

ภาพ 37 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 4 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 26, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

และมีนักเรียนจำนวน 17 คน (ร้อยละ 57) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานโดยการวาดเส้นทางการเดินทางของเลนส์ประกอบ รวมทั้ง

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่าง  
 ดังภาพ 38

ต้องทบทวนให้ดี เรา ต้องทำทบทวน ข้อนี้คือ คนนั้น  
 9 ใช้ คนนี้ ได้ไม่ดี เป็น คนนั้น เพื่อให้ทบทวนคนสุดท้ายได้ เป็นข้อนี้ใช้  
 คนนี้ 2 เป็น คนนั้น 5 ก็จะได้อ่านดังข้างต้น

ภาพ 38 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 4 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 7, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

คำถามข้อที่ 5 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา : การถนอมสายตา

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเลือกชนิดและสีของเลนส์บางหนึ่งขึ้น  
 เพื่อทำแว่นกันแดด ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องคือ จะต้องใช้เลนส์สีส้มโทนแดง เพื่อกรองให้เหลือ  
 แต่แสงความถี่ต่ำ และสามารถเลือกเลนส์ชนิดใดก็ได้ แต่จะต้องอธิบายเหตุผลให้ถูกต้อง  
 ในตอนที่ 2 จากผลการตรวจแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้  
 ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง  
 ในคำถามข้อที่ 5 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 30 คน เลือกตัวเลือกตอบที่ถูกต้อง และผล  
 จากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 5 ตอนที่ 2 พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ระบุหลักฐานไม่ถูกต้องครบ  
 ทุกประเด็น ซึ่งจัดอยู่ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 โดยที่นักเรียนจำนวน 7 คน  
 (ร้อยละ 23) มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานว่าที่ใช้  
 ในการสรุปข้อกล่าวอ้าง โดยกล่าวถึงการแปลผลหลักฐานแต่ไม่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง  
 หลักฐานกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ว่าทำไมจึงเลือกชนิดและลำดับเลนส์ของเลนส์เช่นนั้น โดยมี  
 ตัวอย่างดังภาพ 39

เพราะเลนส์เว้า มีลักษณะยาวที่กึ่งกลาง  
 จากสูตร  $E = \frac{hc}{\lambda}$  ซึ่งค่า  $\lambda$  มีหน่วยเป็นเมตร และหน่วยของพลังงาน  $E$  จะใช้หน่วยเป็น  
 จูล ส่วนค่า  $h$  มีหน่วยเป็นจูลวินาที

ภาพ 39 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 5 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 9, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

และมีนักเรียนจำนวน 23 คน (ร้อยละ 77) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน  
 ระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานว่าเหตุใดจึงเลือกชนิดและสีเลนส์เช่นนั้น รวมทั้งอธิบาย  
 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ  
 40

เนื่องจากเลนส์เว้า มีคุณสมบัติในการกระจายแสง ดังนั้น เมื่อแสงผ่านเลนส์เว้า  
 ความเร็วแสงจะน้อย และ เลนส์สีเหลือง ที่มีความสามารถในการกรองแสงที่มองเห็น  
 ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้น แต่ความถี่ต่ำ ทำให้แสงที่มีความถี่และพลังงานสูง ไม่สามารถ  
 ผ่านเลนส์เข้ามาทำอันตรายต่อดวงตาได้

ภาพ 40 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
 ในคำถามข้อที่ 5 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 6, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

#### คำถามข้อที่ 6 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา : ความสว่าง

ผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้ความสว่าง  
 พอเหมาะกับการอ่านหนังสือในห้องที่กำหนดขนาดให้ โดยให้ตารางเปรียบเทียบความส่องสว่าง  
 ของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ และความต้องการแสงสว่างในการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งตัวเลือกที่  
 ถูกต้องคือ จะต้องใช้หลอดไอเมอร์คิวรีความดันสูง เพราะการส่องสว่างใกล้เคียงกับความต้องการ  
 ใช้ในการอ่านหนังสือในห้องที่กำหนดขนาดให้มากที่สุด จากผลการตรวจ แบบวัดการให้เหตุผล

เชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในคำถามข้อที่ 6 ตอนที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 30 คน เลือกตัวเลือกตอบที่ถูกต้องที่ใช้หลอดไอเมอร์ควีร์ความดันสูง และผลจากการวิเคราะห์คำถามข้อที่ 6 ตอนที่ 2 พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ ระบุหลักฐานไม่ถูกต้องครบถ้วน โดยที่นักเรียนจำนวน 13 คน (ร้อยละ 43) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานโดยการคำนวณความส่องสว่างที่จำเป็นต้องใช้ แต่ไม่สามารถอธิบายไปยังสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยมีตัวอย่างดังภาพ 41

$$E = \frac{F}{A}$$

จง F จานใจหลอด 26000 lm

และ A 10x5 m

$$E = \frac{26000}{50} = 520 \text{ lux}$$

ภาพ 41 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 3 ของนักเรียนในคำถามข้อที่ 6 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 25, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

และมีนักเรียนจำนวน 17 คน (ร้อยละ 57) ที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 ซึ่งสามารถระบุหลักฐานว่าเหตุใดจึงเลือกชนิดและสีเลนส์เช่นนั้น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุไว้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังภาพ

$$\begin{aligned} \text{จากทรงปริมาตร} \quad E = \frac{F}{A} &\rightarrow F = E \cdot A \\ \text{จากโจทย์จะได้} \quad F &= (500)(10 \times 5) \\ &= 25,000 \text{ Nm} \\ F &= (1000)(10)(5) \\ &= 50,000 \text{ Nm} \\ \therefore \text{จะได้ } F \text{ มีค่า} \quad &25,000 - 50,000 \text{ Nm} \\ \text{ซึ่งหลอดไฮดรอลิกมีความดันสูงมีค่า } F &= 26,000 \text{ ซึ่งอยู่ระหว่างค่า } F \text{ ที่แนวเส้น} \end{aligned}$$

ภาพ 42 ตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 ของนักเรียน  
ในคำถามข้อที่ 6 ของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 8, แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน, 5 กุมภาพันธ์ 2561

ผลการทดสอบหลังเรียนของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังจาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แสดงให้เห็นว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกคนไม่อยู่ในระดับ 1 โดยคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 4 โดยข้อความที่นักเรียนตอบอยู่ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับที่ 4 มากที่สุดคือ ข้อที่ 5 โดยให้นักเรียนเลือกชนิดและสีของเลนส์บางเพื่อสร้างแว่นตากันแดดที่เหมาะสมต่อการถนอมสายตา คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ 3 และระดับ 4 ที่เป็นระดับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระดับสูง ในขณะที่นักเรียนส่วนน้อยยังคงอยู่ในระดับ 2 เนื่องจากไม่สามารถระบุหลักฐาน เพื่อสนับสนุนการให้เหตุผลดังเห็นในข้อที่ 1 ที่นักเรียนไม่สามารถอธิบายถึงสาเหตุที่เงาของวัตถุที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงเพียงแหล่งเดียวเป็นเหมือนที่พวกเขาตอบในตอนแรก

ในการวัดการให้เหตุผลของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่า ร้อยละของระดับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้เปลี่ยนจากระดับ 1 และระดับ 2 พัฒนาเป็นระดับ 3 และระดับ 4 โดยระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงสุด (ระดับ 4) มีการเพิ่มขึ้นของระดับมากที่สุด ขณะที่ไม่มีนักเรียนคนใดยังอยู่ระดับต่ำสุด (ระดับที่ 1) หลังจาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยข้อความที่นักเรียนมีพัฒนามากที่สุดคือระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ

ข้อคำถามข้อที่ 1 และ 5 โดยที่ข้อที่มีพัฒนาระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด คือ ข้อคำถามที่ 2 เช่น นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเงาจากแหล่งกำเนิดแสงหลายแหล่งสามารถทำให้เกิดเงาหลายตำแหน่ง และมีความเข้มเงาแต่ละอันไม่เท่ากัน แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมเงาตรงกลางถึงเข้มที่สุด

## 2. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ผลการวิจัยในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากรายงานผลการทดลองของนักเรียนระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์รายงานผลการทดลองของนักเรียน และจัดกลุ่มระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบที่สำคัญทั้ง 3 ประกอบ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การอ้างเหตุผล ในรายงานผลการวิจัย ผู้วิจัยจะนำเสนอองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในภาพรวม จากรายงานผลการทดลองแต่ละวงรอบดังนี้

ผลการศึกษาค้นคว้าส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์รายงานผลการทดลองระหว่างการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 วงรอบปฏิบัติการ จากนั้นนำมาหาจำนวนของนักเรียนที่สามารถสร้างองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับจากรายงานผลการทดลองของนักเรียนรายบุคคลระหว่างการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งในแต่ละวงรอบมีจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เข้าร่วมการจัดการจัดการเรียนรู้อยู่ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จำนวนไม่เท่ากัน เนื่องด้วยนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีนักเรียนจำนวนมากที่มีทักษะดีเด่นหลายด้านจึงติดภารกิจไม่สามารถมาเข้าเรียนได้ โดยมีรายละเอียดจำนวนนักเรียนในแต่ละวงรอบดังนี้

วงรอบที่ 1 แสงและการเกิดเงา	นักเรียนเข้าร่วมจำนวน 31 คน
วงรอบที่ 2 แสงและการถนอมสายตา	นักเรียนเข้าร่วมจำนวน 28 คน
วงรอบที่ 3 เลนส์บาง	นักเรียนเข้าร่วมจำนวน 25 คน

ผลการวิเคราะห์รายงานผลการทดลองระหว่างการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 วงรอบปฏิบัติการ จากนั้นนำมาหาจำนวนของนักเรียนที่สามารถสร้างองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับจากรายงานผลการทดลองของนักเรียนรายบุคคลระหว่างการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ โดยแบ่งเป็นระดับดี ระดับพอใช้ และระดับปรับปรุง แยกตามแต่ละองค์ประกอบในแต่ละวงรอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง พิจารณาจากความสัมพันธ์

ระหว่างข้อกล่าวอ้างและคำถามนำการทดลอง 2) หลักฐาน พิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่าง หลักฐานและข้อกล่าวอ้าง และ 3) การอ้างเหตุผล พิจารณาจากการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง หลักฐานและข้อกล่าวอ้าง ซึ่งผลการวิเคราะห์ห้ระดับขององค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากรายงานผลการทดลองของนักเรียนแสดงผลได้ดังตาราง 5 จำนวนของนักเรียน ที่สร้างองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับจากใบงานระหว่างการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์





ตาราง 5 จำนวนของนักเรียนที่สร้างองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับจากใบงานระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์

องค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน	วงรอบที่	จำนวนนักเรียน		
			ระดับดี	ระดับพอใช้	ระดับปรับปรุง
ข้อกล่าวอ้าง	31	1	14 (45)	17 (55)	0 (0)
	28	2	23 (82)	5 (18)	0 (0)
	25	3	25 (100)	0 (0)	0 (0)
หลักฐาน	31	1	15 (48)	13 (41)	3 (9)
	28	2	20 (71)	7 (25)	1 (4)
	25	3	22 (88)	3 (12)	0 (0)
การอ้างเหตุผล	31	1	4 (12)	20 (64)	7 (22)
	28	2	15 (54)	11 (39)	2 (7)
	25	3	16 (64)	9 (36)	0 (0)

\*หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บแสดงถึงร้อยละของนักเรียนที่สร้างองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ

จากตาราง 5 พบว่า ผลการเปรียบเทียบระดับองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์รายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียน ซึ่งมีจำนวนขององค์ประกอบในระดับดีเพิ่มมากขึ้นทั้ง 3 วงรอบ ซึ่งมีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบและในภาพรวมของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในวงรอบที่ 3 องค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบ มีจำนวนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี และไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับปรับปรุง โดยเฉพาะองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุด เห็นได้จากในวงรอบสุดท้ายระดับขององค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนักเรียนทั้งหมดอยู่ในระดับดี ผู้วิจัยจะนำเสนอรายละเอียดผลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

## 2.1 องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง

จากผลการวิเคราะห์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียน พบว่า ระดับของข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างมีระดับสูงขึ้นในแต่ละวงรอบ โดยวงรอบสุดท้ายนักเรียนทั้งหมดสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างในระดับดี ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายตามรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียนในแต่ละวงรอบตามลำดับ ดังนี้

### วงรอบที่ 1 เรื่องแสงและการเกิดเงา

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์การตีไฟในสนามหญ้าเทียมเพื่อให้มีเงารบกวนบนพื้นสนามน้อยที่สุด โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะของเงามากที่สุด สำหรับในวงรอบที่ 1 การประเมินข้อกล่าวอ้างของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการสร้างข้อสรุปผลการทดลอง เพื่อดูความสอดคล้องของคำถามนำการทดลองและการลงข้อสรุป (ข้อกล่าวอ้าง) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อพิจารณาจากรายงานผลการทดลองที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา พบว่า นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างในระดับดี จำนวน 14 คน (ร้อยละ 45) เนื่องจากสามารถตอบคำถามนำการทดลองด้วยข้อสรุปที่ตอบได้ทุกประเด็น เช่น สามารถอธิบายได้ว่าเงาจะมีลักษณะเป็นแบบใดเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุ ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่ตอบได้ทั้งขนาดและความเข้มของเงา ดังแสดงในภาพ 43 แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1

ปัจจัยที่เลือก  
 ระยะเวลาห่างจากหักกับแหล่งกำเนิดแสง

คำถามนำการทดลอง  
 ระยะห่างระหว่างวัตถุกับ แหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกัน จะทำให้ลักษณะเงาต่างกันหรือไม่? อย่างไร?

ข้อสรุป  
 เกิดเงาลักษณะต่างกัน โดยเงาที่ใกล้วัตถุ จะมืดและมีขอบเงาที่ชัดเจน ส่วนเงาที่ไกลจะมืด ๆ สดกว่าเงาที่ใกล้ และเงาที่ใกล้จะชัดกว่า

ภาพ 43 ตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 3, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561

จำนวนนักเรียนในระดับดีมีจำนวนต่างกันเพียงเล็กน้อยกับระดับพอใช้ ซึ่งเป็นระดับที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ ซึ่งมีจำนวน 17 คน (ร้อยละ 55) เพราะนักเรียนบางส่วนไม่สามารถตอบคำถามนำเกี่ยวกับลักษณะของเงาได้ครบทุกประเด็น เช่น นักเรียนสรุปแค่ขนาดของเงาแต่ไม่ได้กล่าวถึงความเข้มของเงา ดังแสดงในภาพ 44 และไม่มีนักเรียนคนใดสร้างการกล่าวอ้างที่ไม่ดีในวงรอบที่ 1

ปัจจัยที่เลือก  
 ระยะห่างระหว่างวัตถุ กับ แหล่งกำเนิดแสง

คำถามนำการทดลอง  
 ระยะห่างระหว่าง วัตถุ กับ แหล่งกำเนิดแสง มีผลต่อ ความเข้ม และขนาดของเงาอย่างไร?

ข้อสรุป  
 เมื่อวัตถุอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมากขึ้น ขนาดเงาจะเล็กลง และความเข้มจะลดลงด้วย

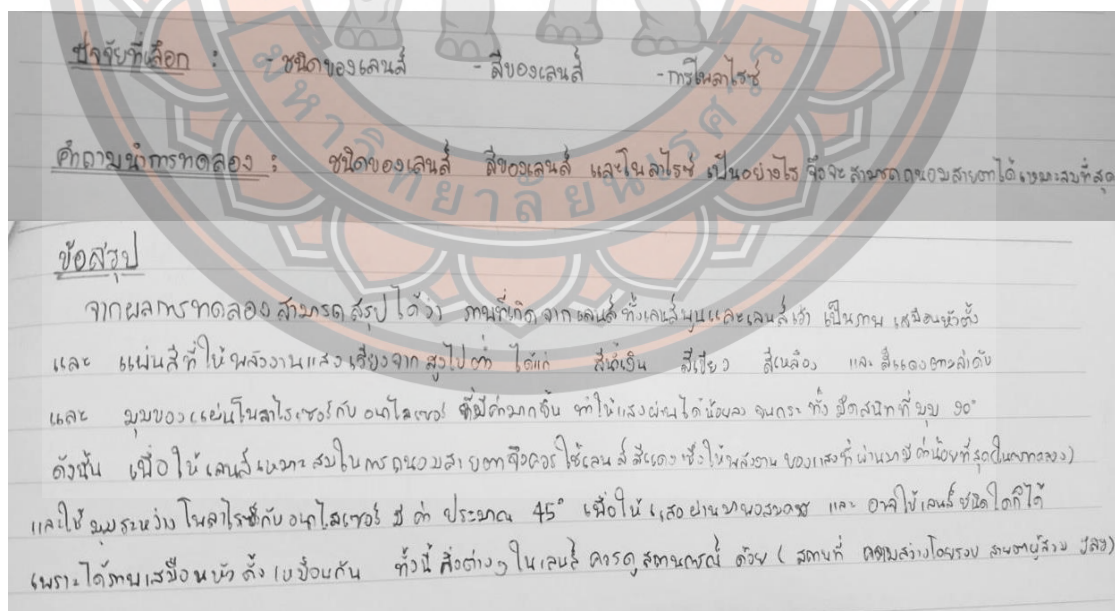
ภาพ 44 ตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 19, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561

## วงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ การเลือกใช้วัสดุและเทคนิคการประกอบแว่นตากันแดดเพื่อให้ถนอมสายตามากที่สุด โดยนักเรียน จะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออาการถนอมสายตา และเลือกวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นแว่นตากันแดดที่ถนอมสายตามากที่สุด สำหรับในวงรอบที่ 2 การประเมินข้อกล่าวอ้างของนักเรียน ผู้วิจัย ได้ศึกษาพฤติกรรมในการสร้างข้อสรุปผลการทดลอง เพื่อดูความสอดคล้องของคำถามนำ การทดลองและการลงข้อสรุป (ข้อกล่าวอ้าง) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนยังคงไม่มีการสร้างข้อกล่าวอ้างในระดับควรปรับปรุง นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 23 คน (ร้อยละ 82) สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างในระดับดีเนื่องจากสามารถอธิบายถึงผลกระทบของชนิดของเลนส์ที่มีต่อภาพและผลจากสีของเลนส์ต่อการมองเห็นที่สามารถตอบคำถามนำการทดลองได้ ดังแสดงในภาพ 45 แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2



ภาพ 45 ตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2

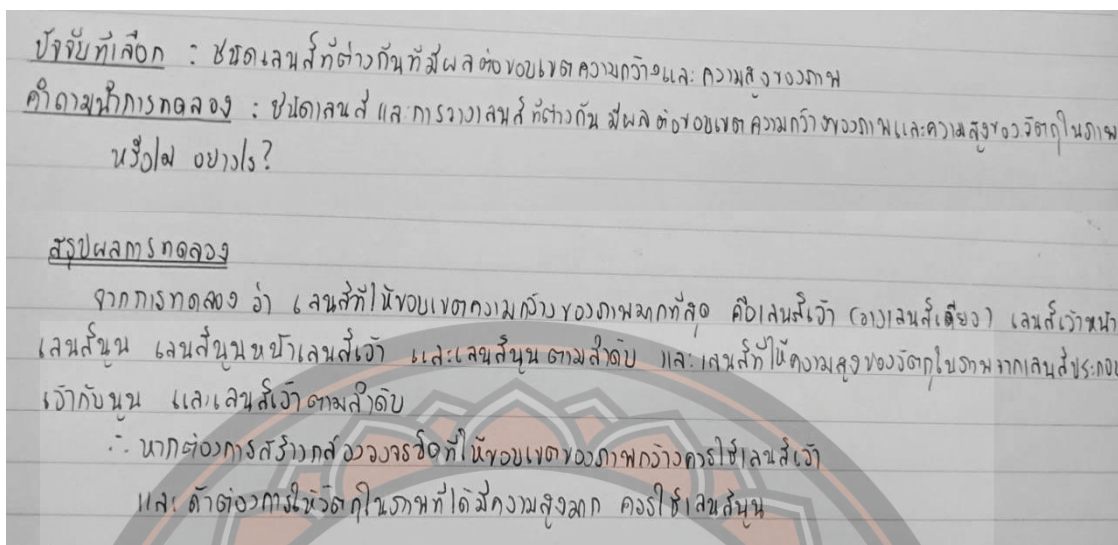
ที่มา: นักเรียนเลขที่ 24, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 25 มกราคม 2561

ส่วนนักเรียนที่เหลือจำนวน 5 คน (ร้อยละ 18) ไม่ได้สร้างข้อกล่าวอ้างที่ตอบทุกประเด็นที่กล่าวถึงในคำถามนำการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวัดความถี่ของคลื่นที่เกิดขึ้นจากเลนส์สี่ตัวต่างๆโดยใช้แถบสีวัดความถี่คลื่น เพื่อหาเลนส์ที่สามารถสะท้อนแสงได้มากที่สุด เพื่อให้ได้สีเลนส์ที่เหมาะสมต่อในการถนอมสายตา ดังตัวอย่างที่นักเรียนเขียนว่า ปัจจัยที่เลือก คือ ความยาวคลื่นกับความเข้มแสง โดยมีคำถามนำการทดลองคือ เมื่อแสงเดินทางผ่านแผ่นกรองแสงแบบต่างๆ แล้วแสงนั้นจะมีความยาวคลื่นและความเข้มแสง เปลี่ยนไปเป็นช่วงเท่าใดและกี่ % ซึ่งนักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างเพื่อตอบคำถามนำการทดลอง คือ เมื่อแสงผ่านแผ่นกรองแสงจะทำให้แสงมาอยู่ในความยาวคลื่นเดียวกับแผ่นกรองแสง และมีความเข้มแสงน้อยลง

### วงรอบที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ การเลือกใช้เลนส์เพื่อประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีเงื่อนไขว่าจะต้องใช้เลนส์มากกว่าหนึ่งชิ้น โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดภาพ และเลือกลำดับและชนิดของเลนส์ที่จะนำมาประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดเองว่ากล้องวงจรปิดควรมีภาพคมชัด ระยะเวลาพิกว้าง หรือมองเห็นได้ไกล สำหรับในวงรอบที่ 3 การประเมินข้อกล่าวอ้างของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการสร้างข้อสรุปผลการทดลอง เพื่อดูความสอดคล้องของคำถามนำการทดลองและการลงข้อสรุป (ข้อกล่าวอ้าง) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนทั้งหมด 25 คน สามารถพัฒนาระดับข้อกล่าวอ้างให้เป็นระดับดีได้ เนื่องจากสามารถตอบได้ว่าควรใช้ลำดับและเลนส์ประเภทใดเพื่อสร้างกล้องวงจรปิดเพื่อให้ได้มุมมองกว้างหรือความละเอียดสูงสุด หรืออธิบายผลของชนิดเลนส์ที่มีผลต่อความกว้างและความสูงของภาพ ดังแสดงในภาพ 46 แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3



ภาพ 46 ตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 27, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 3, 1 กุมภาพันธ์ 2561

## 2.2 องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน

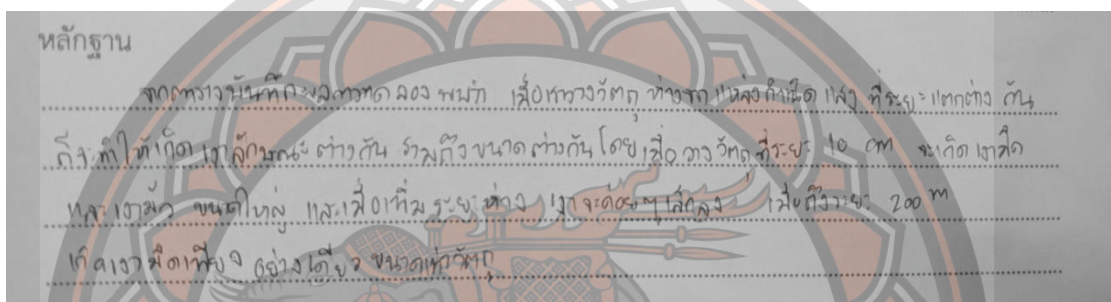
จากผลการวิเคราะห์ระดับขององค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียนระดับของหลักฐานที่นักเรียนระบุมีระดับสูงขึ้นไปตามแต่ละวงรอบ ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายตามรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียนในแต่ละวงรอบตามลำดับ ดังนี้

### วงรอบที่ 1 เรื่องแสงและการเกิดเงา

สำหรับการประเมินระดับขององค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์การตีไฟในสนามหญ้าเทียมเพื่อให้มีเงารบกวนบนพื้นสนามน้อยที่สุด โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะของเงามากที่สุด สำหรับในวงรอบที่ 1 การประเมินหลักฐานของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการระบุหลักฐาน เพื่อดูความสอดคล้องของหลักฐานว่าสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้หรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

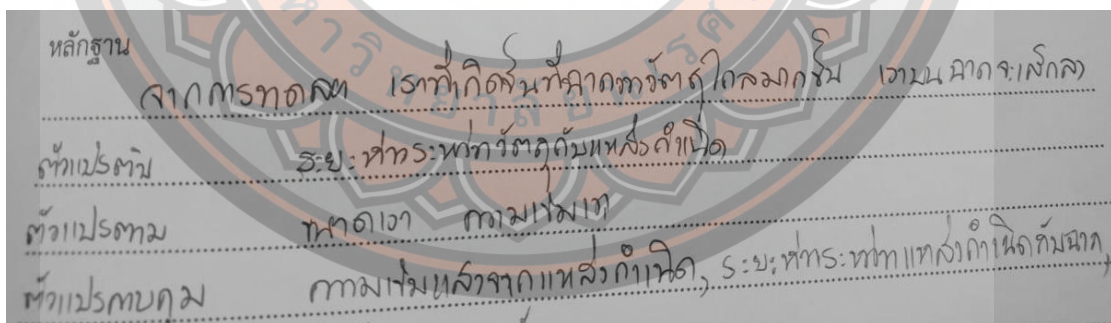
นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 15 คน (ร้อยละ 48) สามารถระบุหลักฐานได้ในระดับดี เนื่องจากสามารถระบุข้อมูลการวัดขนาดและความเข้มของเงาที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ว่า ระยะระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเงา ดังแสดงในภาพ 47 โดยมี

นักเรียนระบุหลักฐานในระดับพอใช้จำนวน 13 คน (ร้อยละ 41) สามารถระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ว่าระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเงาได้เฉพาะขนาดของเงา แต่ไม่ได้วัดความเข้มของเงา ซึ่งเป็นหนึ่งในลักษณะทางกายภาพของเงา ดังแสดงในภาพ 48 และมีนักเรียนเรียนจำนวน 3 คน (ร้อยละ 9) ระบุหลักฐานในระดับปรับปรุง ที่ระบุหลักฐานที่มาจากกรวัดที่ไม่มีความแม่นยำ ทำให้ข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ คือ นักเรียนวัดเงามีตรงกับเงามัว



ภาพ 47 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 3, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561



ภาพ 48 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 20, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561

## วงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

โดยในวงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ การเลือกใช้วัสดุและเทคนิคการประกอบแว่นตากันแดดเพื่อให้ถนอมสายตามากที่สุด โดยนักเรียน จะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการถนอมสายตา และเลือกวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นแว่นตากัน แดดที่ถนอมสายตามากที่สุด สำหรับในวงรอบที่ 2 การประเมินหลักฐานของนักเรียน ผู้วิจัย ได้ศึกษาพฤติกรรมในการระบุหลักฐาน เพื่อดูความสอดคล้องของหลักฐานว่าสามารถสนับสนุน ข้อกล่าวอ้างได้หรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 20 คน (ร้อยละ 71) สามารถระบุหลักฐานได้ในระดับดี เนื่องจากสามารถระบุหลักฐานในการวัดความถี่ของแสงที่ผ่านเลนส์สีต่างๆ และใช้ข้อมูลเรื่อง การถนอมสายตาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ว่า สีของเลนส์มีผลต่อ การถนอมสายตา ดังแสดงในภาพ 49 แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดี ในวงรอบที่ 2 โดยมีนักเรียนระบุหลักฐานในระดับพอใช้จำนวน 7 คน (ร้อยละ 25) สามารถระบุ หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ว่าชนิดของเลนส์มีผลต่อการถนอมสายตา โดยวัดเพียง ความเข้มแสงที่ผ่านเลนส์ชนิดต่างๆ แต่ไม่มีข้อมูลเรื่องการถนอมสายตาประกอบ ดังแสดง ในภาพ 50 แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 2 และมีนักเรียนเรียน จำนวน 1 คน (ร้อยละ 4) ระบุหลักฐานในระดับปรับปรุง ที่ระบุหลักฐานที่มาจากการวัดที่ไม่มี ความแม่นยำ ทำให้ข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ ดังแสดงในภาพ 51 แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียน ที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 2



**ตารางบันทึกการทดลอง**

สเป	ระยะห่างจาก แหล่งกำเนิดแสง (cm)	ความยาวคลื่น (nm)	พลังงาน (J)
แดง	30	650	$3.07 \times 10^{-19}$
น้ำเงิน	30	500	$4.00 \times 10^{-19}$
ส้ม	30	540	$3.44 \times 10^{-19}$
เขียว	30	560	$3.57 \times 10^{-19}$
แดง + น้ำเงิน	30	600	$3.33 \times 10^{-19}$
แดง + เขียว	30	630	$3.17 \times 10^{-19}$
แดง + ส้ม	30	640	$3.12 \times 10^{-19}$
น้ำเงิน + ส้ม	30	590	$3.45 \times 10^{-19}$
น้ำเงิน + เขียว	30	550	$3.63 \times 10^{-19}$
ส้ม + เขียว	30	675	$3.46 \times 10^{-19}$

### หลักฐาน

จากตารางบันทึกผลการทดลอง จะเห็นว่า สีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด ที่ 650 nm เมื่อนำมาคำนวณหาพลังงานก็จะได้ค่าที่น้อยที่สุด ที่  $3.07 \times 10^{-19}$  J เนื่องจากพลังงานจะแปรผกผันกับความยาวคลื่น จึงทำให้สีแดงมีความสามารถมองเห็นได้ดีที่สุด

ภาพ 49 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 24, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 25 มกราคม 2561)

**หลักฐาน**

..... จากผลการทดลองแล้วสีแสงที่มีความยาวคลื่นมากที่สุด จึงทำไปเห็นสว่างมากที่สุด ส่วนสี  
 ..... อนุกรมค่าที่ได้มากที่สุด และที่น้อยลงที่  $< 19$  นั้นเห็นเรื่อมน้ำเงิน

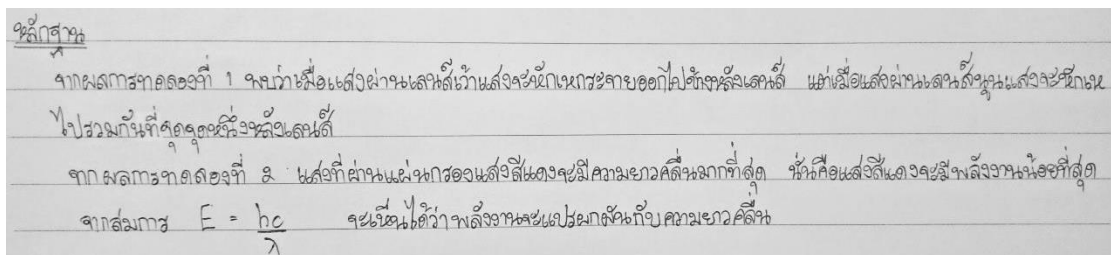
ตัวแปรต้น : จำนวนแผ่นกรองแสง, ชนิดเลนส์

ตัวแปรตาม : ความยาวคลื่นแสง, ชนิดจาน

ตัวแปรควบคุม : ชนิดแสงที่นำติด, ระยะห่างเลนส์-ฉาก-แผ่นรับแสง

ภาพ 50 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 2

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 16, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 25 มกราคม 2561



## ภาพ 51 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 2

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 8, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 25 มกราคม 2561

### วงรอบที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 3 เรื่อง เลนส์บาง ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ การเลือกใช้เลนส์เพื่อประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีเงื่อนไขว่าจะต้องใช้เลนส์มากกว่าหนึ่งชิ้น โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดภาพ และเลือกลำดับและชนิดของเลนส์ที่จะนำมาประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดเองว่ากล้องวงจรปิดควรจะมีภาพคมชัด ระยะเวลากว้าง หรือมองเห็นได้ไกล สำหรับในวงรอบที่ 3 การประเมินหลักฐานของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการระบุหลักฐานเพื่อดูความสอดคล้องของหลักฐานว่าสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้หรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 22 คน (ร้อยละ 88) สามารถระบุหลักฐานได้ในระดับดี เนื่องจากสามารถระบุข้อมูลการวัดขนาดและความเข้มของเงาที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังแสดงในภาพ 52 แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3 โดยมีนักเรียนระบุหลักฐานในระดับพอใช้จำนวน 3 คน (ร้อยละ 12) ดังแสดงในภาพ 53 แสดงตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 3 และไม่มีนักเรียนคนใดระบุหลักฐานในระดับปรับปรุง

**ตารางบันทึกผลการทดลอง**

ชื่อกลุ่ม ..... ๓111บันทึกผลการทดลองของเล่นลวดลายที่แสงตัด

ชนิดเลนส์	ระยะที่แสงตัดกัน (cm)
นูน ๒ ด้าน	17
นูน 1 ด้าน 1 ด้าน	21
นูน 1 ด้าน 1 ด้าน	15.5
นูน 1 ด้าน 1 ด้าน	ไกลมาก
เว้า ๒ ด้าน	19

หลักฐาน จากตารางบันทึกผลการทดลอง พบว่าเลนส์นูนจะตัดแสงที่ระยะที่แสงตัดกันที่ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดเลนส์ (ด้าน) ด้านนูนเป็นเลนส์นูนจากจุดหนึ่ง เลี้ยวเบนออกมาเป็นวงกลม ส่วนเลนส์เว้าจะเบนแสงออกมาตรงจุดรวมในตัวเลนส์ และนั่นเป็นเลนส์นูน ด้านนูนเป็นเลนส์นูนเลนส์เว้ารวมกันเข้าด้วยกัน

ภาพ 52 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 27, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 3, 1 กุมภาพันธ์ 2561

หลักฐาน

จากการทดลอง ในตอนที่ 1 เลนส์เว้า ได้ภาพที่มีขนาดกว้างกว่า คือ มีระยะจากกลางวัตถุถึงขอบภาพ 60 cm เลนส์นูน ได้ภาพที่มีขนาดแคบกว่า คือ มีระยะจากกลางวัตถุถึงขอบภาพ 44 cm จากการทดลองในตอนที่ 2 เลนส์เว้า 2 เลนส์ประกบกัน ได้ภาพกว้าง และชัดที่สุด คือ มีระยะจากกลางวัตถุถึงขอบภาพ 76 cm ส่วน เลนส์นูน 2 เลนส์ประกบกัน ได้ภาพแคบและเบลอที่สุด คือ มีระยะจากกลางวัตถุถึงขอบภาพ 37 cm และเลนส์นูน กับ เลนส์เว้า เมื่อนำมาประกบกัน ได้ภาพ แคบ คือ ระยะจากกลางวัตถุถึงขอบภาพ ประมาณ 55 cm และชัด

ภาพ 53 ตัวอย่างหลักฐานของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 3

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 25, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 3, 1 กุมภาพันธ์ 2561

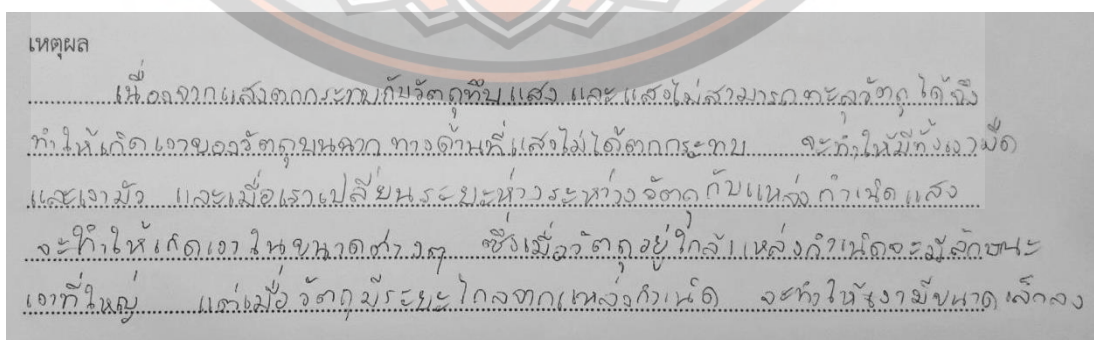
### 2.3 องค์ประกอบที่ 3 การอ้างเหตุผล

จากผลการวิเคราะห์ระดับขององค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียนระดับของการอ้างเหตุผล ที่นักเรียนอธิบาย มีระดับสูงขึ้นไปตามแต่ละวงรอบ ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายตามรายงานผลการทดลองรายบุคคลของนักเรียนในแต่ละวงรอบตามลำดับ ดังนี้

#### วงรอบที่ 1 เรื่องแสงและการเกิดเงา

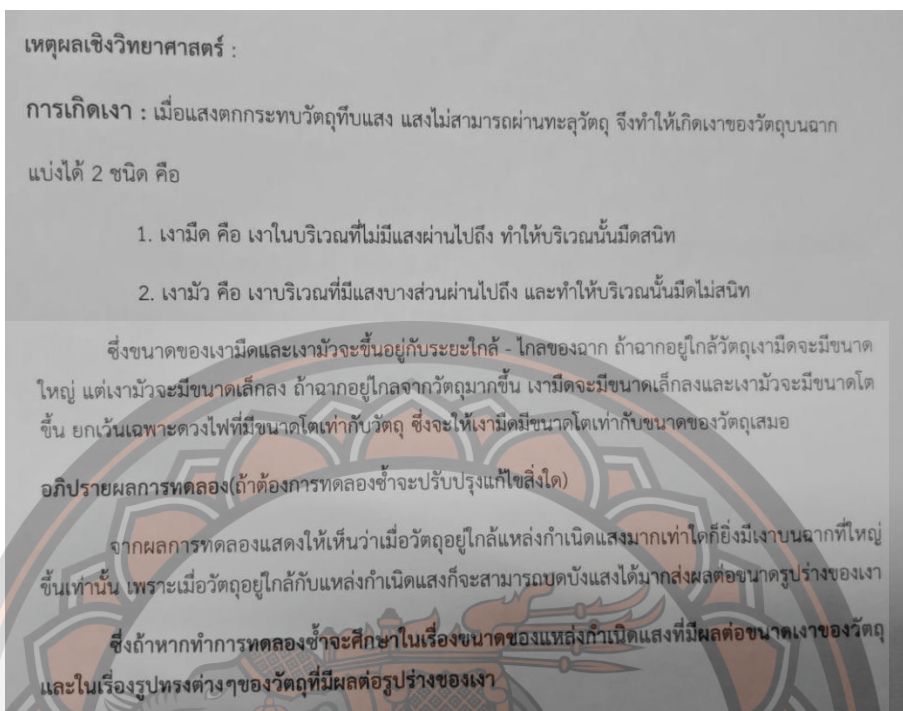
สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 1 เรื่อง แสงและการเกิดเงา ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์การตีไฟในสนามหญ้าเทียมเพื่อให้มีเงารบกวนบนพื้นสนามน้อยที่สุด โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะของเงามากที่สุด สำหรับในวงรอบที่ 1 การประเมินการอ้างเหตุผลของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการอ้างเหตุผล เพื่อดูการอธิบายความความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่ระบุไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนจำนวน 4 คน (ร้อยละ 12) มีการอ้างเหตุผลในระดับดี ดังแสดงในภาพ 54 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1 โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการอ้างเหตุผลในระดับพอใช้จำนวน 20 คน (ร้อยละ 64) เนื่องจากสามารถอธิบายได้ว่าระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุหรือวัตถุกับฉากมีผลต่อขนาดของเงา แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดจึงเกิดเงามีมืดและเงามัว ดังแสดงในภาพ 55 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1



ภาพ 54 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 1

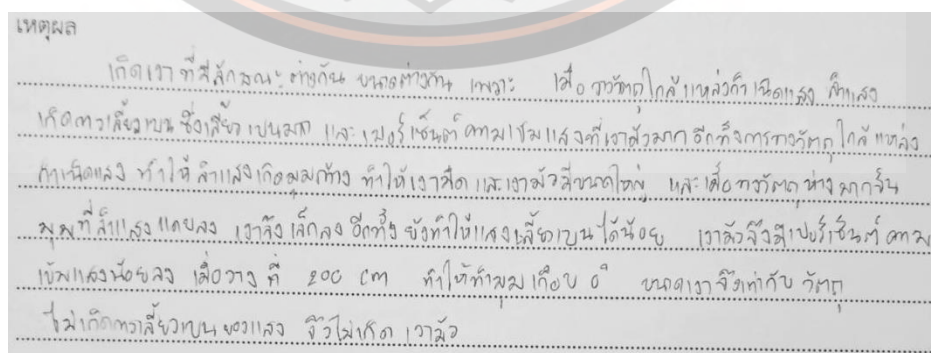
ที่มา: นักเรียนเลขที่ 24, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561



ภาพ 55 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 1

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 20, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561

และมีนักเรียนเรียนจำนวน 7 คน (ร้อยละ 22) มีการอ้างเหตุผลในระดับปรับปรุงที่ไม่ได้มีการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น ดังแสดงในภาพ 56 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 1



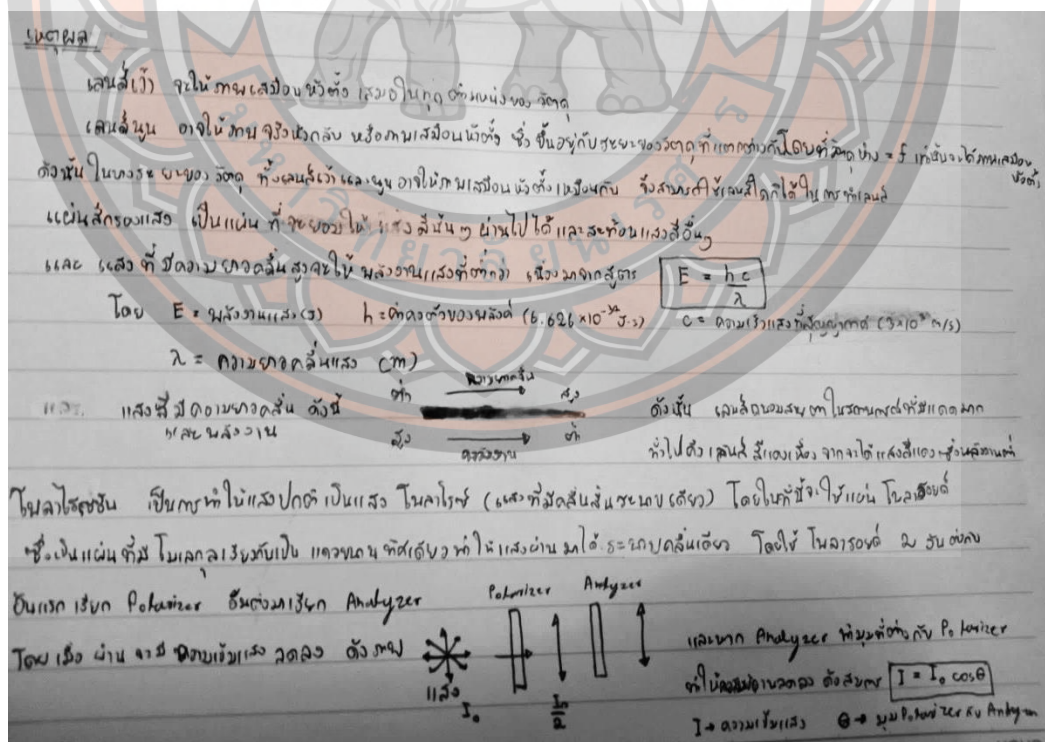
ภาพ 56 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 1

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 8, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 1, 18 มกราคม 2561

### วงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยในวงรอบที่ 2 เรื่อง แสงและการถนอมสายตา ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์การเลือกใช้วัสดุและเทคนิคการประกอบแว่นตากันแดดเพื่อให้ถนอมสายตามากที่สุด โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อถนอมสายตา และเลือกวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นแว่นตากันแดดที่ถนอมสายตามากที่สุด สำหรับในวงรอบที่ 2 การประเมินการอ้างเหตุผลของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการอ้างเหตุผล เพื่อดูการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่ระบุไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

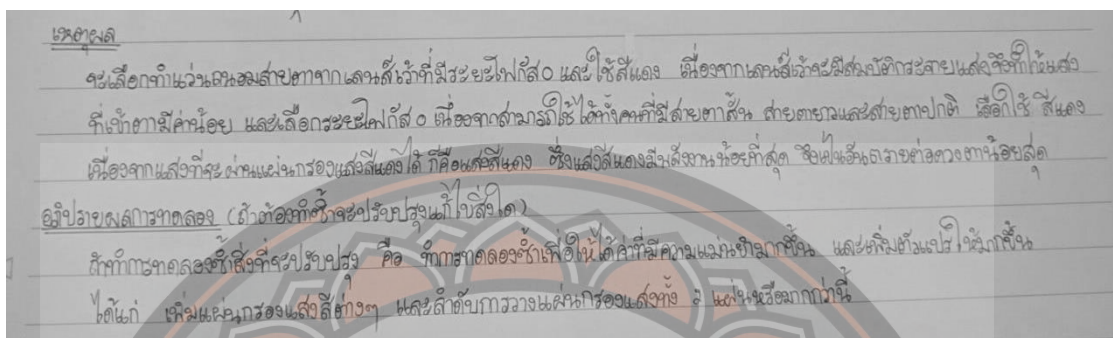
นักเรียนส่วนใหญ่มีการอ้างเหตุผลในระดับดีจำนวน 15 คน (ร้อยละ 54) เนื่องจากนักเรียนอธิบายว่าประเภทของเลนส์ไม่มีผลต่อการทำแว่นตากันแดดเพื่อถนอมสายตาโดยตรง แต่สีของเลนส์สามารถกรองแสงสีในความถี่ที่ต่างกันซึ่งส่งผลต่อการมองเห็น ดังแสดงในภาพ 57 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2



ภาพ 57 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 2

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 1, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 25 มกราคม 2561

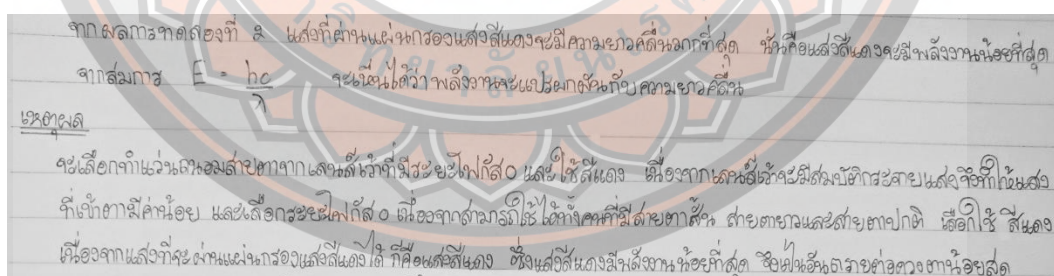
โดยมีนักเรียนจำนวน 11 คน (ร้อยละ 39) มีการอ้างเหตุผลในระดับพอใช้  
 ดังแสดงในภาพ 58 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 2



ภาพ 58 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 2

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 13, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 18 มกราคม 2561

และมีนักเรียนเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 7) มีการอ้างเหตุผลในระดับปรับปรุง  
 ที่ไม่ได้มีการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ระบุและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น ดังแสดงใน  
 ภาพ 59 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 2



ภาพ 59 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงในวงรอบที่ 2

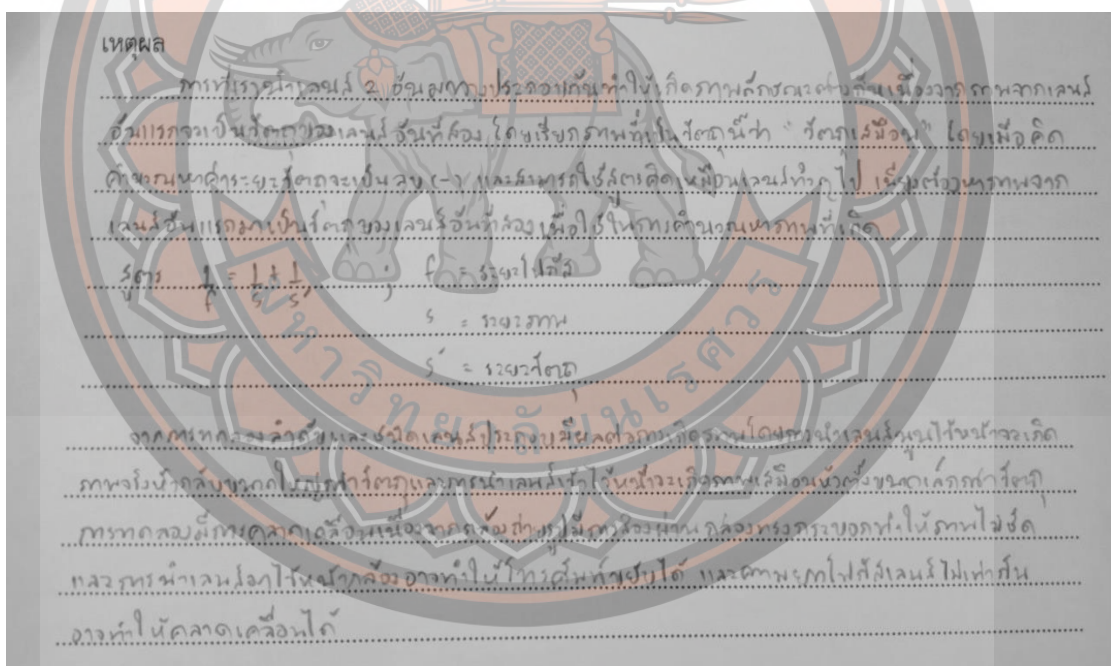
ที่มา: นักเรียนเลขที่ 9, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 2, 18 มกราคม 2561

### วงรอบที่ 3 เรื่อง เล่นสกีบาง

สำหรับการประเมินระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัย  
 ได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง  
 โดยในวงรอบที่ 3 เรื่อง เล่นสกีบาง ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ การเลือกใช้เลนส์

เพื่อประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีเงื่อนไขว่าจะต้องใช้เลนส์มากกว่าหนึ่งชิ้น โดยนักเรียนจะต้องหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการศึกษาภาพ และเลือกลำดับและชนิดของเลนส์ที่จะนำมาประกอบเป็นกล้องวงจรปิดที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดเองว่ากล้องวงจรปิดควรจะมีภาพคมชัด ระยะเวลาภาพกว้าง หรือมองเห็นได้ไกล สำหรับในวงรอบที่ 3 การประเมินการอ้างเหตุผลของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมในการอ้างเหตุผลเพื่ออธิบายความความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่ระบุไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนส่วนใหญ่มีการอ้างเหตุผลในระดับดีจำนวน 16 คน (ร้อยละ 64) ดังแสดงในภาพ 60 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3 และไม่มีนักเรียนคนใดมีการอ้างเหตุผลในระดับปรับปรุง

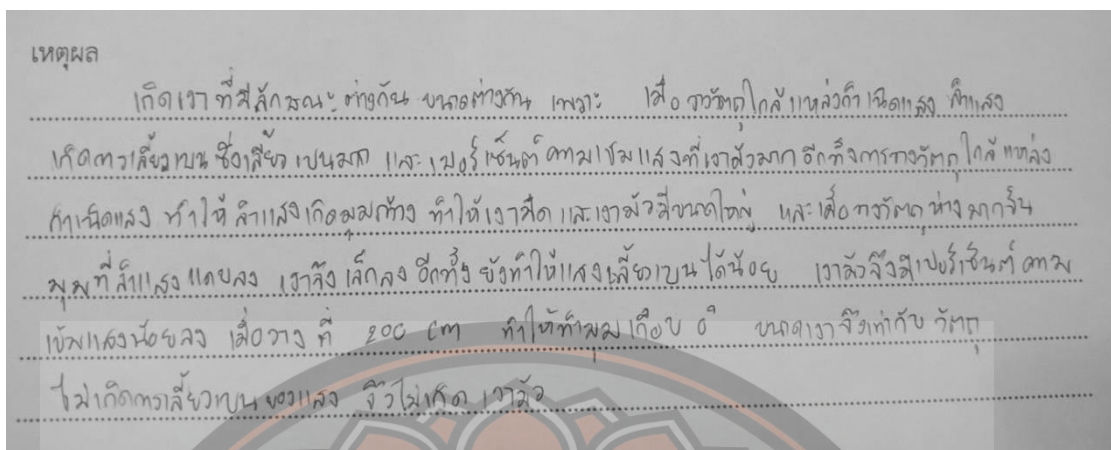


ภาพ 60 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีในวงรอบที่ 3

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 6, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 3, 1 กุมภาพันธ์ 2561

โดยมีนักเรียนจำนวน 9 คน (ร้อยละ 36) มีการอ้างเหตุผลในระดับพอใช้เนื่องจากไม่สามารถอธิบายความละเอียดที่ได้จากมุมมองภาพ ดังแสดงในภาพ 61 แสดงตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 3





ภาพ 61 ตัวอย่างการอ้างเหตุผลของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ในวงรอบที่ 3

ที่มา: นักเรียนเลขที่ 7, รายงานผลการทดลองวงรอบที่ 3, 1 กุมภาพันธ์ 2561

จากผลการศึกษาการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และรายงานผลการทดลองของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถช่วยพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่อง แสง และทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ โดยองค์ประกอบที่พัฒนามากที่สุดคือการสร้างคำอธิบาย เพราะนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับคำถามนำการทดลองได้ ซึ่งมาจากการที่นักเรียนตั้งคำถามนำการทดลองที่สามารถหาคำตอบได้และนักเรียนอธิบายได้ตรงประเด็นจากการอ้างอิงหลักฐาน ในภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นตามวงรอบเพราะระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายต่อการทดลองและสะท้อนการให้เหตุผลของผู้อื่นผ่านการโต้แย้งและวิจารณ์รายงานการทดลอง

## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ตามวิธีการสอนของ Grooms et al. (2016) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ และศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

#### สรุปผลการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทั้ง 3 วงรอบ สามารถสรุปขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ดังนี้

ขั้นการระบุเป้าหมายและคำถามนำ เป็นขั้นที่เตรียมเข้าสู่บทเรียนโดยครูต้องเตรียมสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์การทดลองจากแหล่งข้อมูลต่างๆที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับประเด็นที่จะศึกษา ซึ่งประเด็นที่นำมาศึกษานั้นควรไปถึงเนื้อหาทางฟิสิกส์ที่กำลังจะเรียน และเป็นประเด็นที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวข้องกับประเด็นนั้นมาก่อน ประเด็นที่นำมาศึกษาจะต้องเหมาะสมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ คือ เป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ชัดเจนแน่นอน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อประเด็นที่นำมาศึกษาหลากหลายและสามารถดำเนินการสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับตัวแปรเหล่านั้นได้โดยใช้อุปกรณ์ในการทดลองที่ไม่มีวิธีการใช้ซับซ้อนจนเกินไป และเป็นประเด็นที่ใกล้ตัวนักเรียน มีความน่าสนใจเพื่อดึงความสนใจของนักเรียนให้เข้าสู่การโต้แย้งและการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นครูต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นมุมมองที่แตกต่างเกี่ยวกับประเด็นนั้นมากกว่า 1 ด้านพร้อมทั้งยกตัวอย่างการตั้งคำถามนำในสถานการณ์หรือประเด็นที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้นักเรียนได้เห็นแนวทาง

การตั้งคำถามนำการทดลองเกี่ยวกับประเด็นที่นำมาศึกษา นอกจากนี้ครูควรบอกถึงข้อระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับประเด็นที่จะศึกษา และอธิบายวิธีการใช้งานอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อน เพื่อให้นักเรียนเห็นโอกาสและความเป็นไปได้ในการที่จะเก็บตัวแปรที่หลากหลาย และเลือกตัวแปรที่ตนสนใจได้อย่างอิสระที่อยู่บนพื้นฐานของความเป็นไปได้ในการเก็บข้อมูลที่ต้องการ

ขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการทดลองและดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่กำกับดูแลให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องและย้ำเตือนนักเรียนให้เก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการตอบคำถามนำของตน ครูควรจัดเตรียมชุดทดลองในแต่ละสถานการณ์เป็นหมวดหมู่ให้เรียบร้อย และอธิบายวิธีการใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานที่นักเรียนต้องใช้ จัดการกับตัวแปรแทรกซ้อนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเองก่อน โดยคอยกำกับดูแลให้นักเรียนมีการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องและควบคุมตัวแปรอื่นเพื่อไม่ให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน รวมทั้งเน้นย้ำความสำคัญของหลักฐานที่จำเป็นต่อการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามนำการทดลอง

ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น ครูควรจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์และสรุปข้อมูลจากการทดลองของตนเองและใช้ทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องกับการสืบค้นจากแหล่งการเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือและมีความเกี่ยวข้องกับการอภิปรายผลการทดลอง ครูควรให้นักเรียนหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่จะศึกษามาก่อน และอธิบายความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อการวัดและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลองจากหลักฐานร่วมกับทฤษฎี โดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยครูมีหน้าที่กำกับดูแล และคอยให้คำแนะนำในกรณีที่การวิเคราะห์ข้อมูลคลาดเคลื่อนไปมาก โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง

ขั้นการโต้แย้ง ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในประเด็นหลักที่ศึกษา และกำกับดูแลไม่ให้นักเรียนอภิปรายนอกประเด็นมากจนเกินไป ครูควรกำหนดเวลาและสิ่งทีนักเรียนควรจะต้องพูดในช่วงการนำเสนอให้ชัดเจน และให้นำแบบบันทึกข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ฉายหน้าชั้นเรียน โดยครูมีหน้าที่คอยควบคุมควบคุมการโต้แย้งให้อยู่ในประเด็นหลัก และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และอภิปรายโดยใช้หลักฐานและทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ

ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน ครูควรอธิบายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์หลักที่ศึกษาและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจากการโต้แย้ง

ในขั้นก่อนหน้า โดยเชื่อมโยงความรู้เข้ากับประเด็นที่ศึกษาผ่านการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้ นักเรียนเกิดการสะท้อนคิด ครูควรอภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงประเด็นหลักที่ศึกษา โดยพยายาม ใช้ข้อมูลจากการทดลองของนักเรียนให้มากที่สุดเพื่อให้ นักเรียนได้ขยายความรู้จากสิ่งได้ค้นพบ และได้แย้ง และโดยเชื่อมโยงความรู้เรื่องที่เกี่ยวข้องเข้ากับประเด็นที่ศึกษาผ่านการอภิปรายโดยใช้ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และควรแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการสังเกตข้อผิดพลาดของนักเรียน ระหว่างการโต้แย้ง

ขั้นเขียนผลการสำรวจ ครูควรให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจตามข้อมูลที่ได้จาก การโต้แย้ง และบอกส่วนประกอบของรายงานผลการทดลองให้ชัดเจนรวมถึงรายละเอียดของ แต่ละส่วนประกอบ ครูควรจัดสรรเวลาในการเขียนรายงานให้เหมาะสม และให้นักเรียนพัฒนา การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์จากการเขียนรายงานผลการทดลองเพื่ออธิบายผลการสืบสอบ โดยอ้างอิงจากหลักฐาน และใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการอธิบายตามส่วนประกอบ รายงานผลการทดลองที่กำหนดให้ โดยเน้นย้ำให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลักและ ใช้ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลภายนอกมาสนับสนุน

ขั้นการสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์ในส่วนที่เป็น การอภิปรายผลและการสรุปผลการทดลองโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์และเหตุผล ครูควรเน้นย้ำ ให้นักเรียนวิจารณ์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลการสืบสอบและข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ก่อน และ ให้นักเรียนพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการประเมินและแก้ไขการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์ของผู้อื่น โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาและวิจารณ์จากหลักฐานและ ความสอดคล้องของการอภิปรายผลและข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เปลี่ยนแปลง การตัดสินใจตามข้อมูลที่ได้จากคำวิจารณ์ของเพื่อนในห้องและมีโอกาสเลือกที่จะเปลี่ยนแปลง หรือไม่เปลี่ยนแปลงตามคำวิจารณ์โดยจะต้องมีเหตุผลมารองรับการตัดสินใจนั้น ครูควรให้เวลากับ นักเรียนได้ตัดสินใจแก้ไขรายงานผลการทดลองหลังจากที่นักเรียนได้รับผลสะท้อน คำวิจารณ์ และ คำแนะนำ ข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของตน โดยครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดว่า สิ่ง ที่นักเรียนได้นิยามสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และนักเรียนควรแก้ไขตามคำแนะนำนั้น หรือไม่ หากไม่แก้ไขให้นักเรียนเขียนข้อความเหตุผลว่าทำไมถึงไม่แก้ไข ลงในรายงานผล การทดลองฉบับที่เพื่อนวิจารณ์ไว้ด้วย

ผลการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ โดยพบว่า หลังจัดกิจกรรมแล้วนักเรียนมีทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียน และมีระดับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นทั้ง 3 องค์ประกอบในแต่ละวงรอบการจัดการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบที่เพิ่มมากที่สุด คือ การสร้างข้อกล่าวอ้าง

ทั้งนี้การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เครื่องมือ 2 เครื่องมือ คือ รายงานผลการทดลองของนักเรียนเพื่อวิเคราะห์การพัฒนาระดับแต่ละองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมเพื่อสนับสนุนผลจากรายงานผลการทดลองของนักเรียนระหว่างเรียนมีความสอดคล้องกัน

### อภิปรายผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในเนื้อหา นี้ คือ การช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือจากการค้นคว้าหรือทดลอง และพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นดังนี้

สถานการณ์ที่เลือกมาใช้ในการศึกษาควรมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและเป็นประเด็นที่ใกล้ตัวกับนักเรียน ผู้วิจัยเตรียมสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนและมีความสอดคล้องกับประเด็นที่จะศึกษา เช่น เงานในสนามหญ้าเทียนตอนกลางคืนในเรื่อง แสงและการเกิดเงา ซึ่งนักเรียนมีความรู้พื้นฐานมาก่อน และ เป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ชัดเจนแน่นอน ใช้คำถามกระตุ้นและยกตัวอย่างในการตั้งคำถามนำ เช่น หากเปลี่ยนสีและขนาดของวัตถุเงาจะมีลักษณะเป็นอย่างไร นักเรียนจะเห็นแนวทางการตั้งคำถามนำการทดลองที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้

ประเด็นที่นำมาศึกษาควรมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาอื่นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากในชั้นการโต้แย้ง นักเรียนได้พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการแลกเปลี่ยนความรู้และอภิปรายกันโดยใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ครูมีส่วนสำคัญในการควบคุมการโต้แย้งให้อยู่ในประเด็นหลัก และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดและวิเคราะห์ตลอดการโต้แย้ง และผลจากการโต้แย้งยังนำไปสู่ขั้นการกระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน ซึ่งนักเรียนจะได้ขยายความรู้จากสิ่งได้ค้นพบและโต้แย้งกันในช่วงก่อนหน้า

และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องที่เกี่ยวข้องเข้ากับประเด็นที่ศึกษาได้ แสดงเชิงกายภาพ สมบัติของคลื่น พลังงาน

การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ดังจะเห็นได้จากในขั้นการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล นักเรียนได้ออกแบบวางแผนการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลให้เพียงพอต่อการสร้างข้อโต้แย้งด้วยตนเอง นักเรียนจะเห็นความสำคัญของหลักฐานเพื่อนำไปสู่การโต้แย้งกันด้วยเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับ นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เศรษฐศิริสวัสดิ์, และเสาวลักษณ์ โรมา (2558) ที่กล่าวว่า ในกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในการพิจารณาข้อมูลที่ค้นคว้า เชื่อมโยงความรู้เดิมจนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่

การหาข้อมูลเพื่อนำมาสร้างข้อโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังจะเห็นได้จากขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น นักเรียนจะได้ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้นอธิบายผลการสืบสอบ โดยเขียนอ้างอิงจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือ เพราะจะต้องนำข้อโต้แย้งนั้นไปอภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น และขั้นเขียนผลการสำรวจ นักเรียนพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์จากการเขียนรายงานผลการทดลองเพื่ออธิบายผลการสืบสอบ โดยอ้างอิงจากหลักฐาน และใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการอธิบายตามส่วนประกอบรายงานผลการทดลองที่กำหนดให้ งานวิจัยของ ประภา สมสุข, และคณะ (2558) ที่กล่าวว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่มีเส้นทางหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

การให้นักเรียนได้ประเมินข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้อื่นและรับคำแนะนำจากผู้อื่น เพื่อแก้ไขข้อโต้แย้งของตนเองเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้อื่นโดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองในการวิเคราะห์และวิจารณ์ ดังจะเห็นได้จากขั้นวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน นักเรียนพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการประเมินและแก้ไขการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้อื่น โดยครูต้องคอยเน้นย้ำให้นักเรียนวิจารณ์เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบและการอธิบาย และขั้นทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน นักเรียนจะได้รับผลสะท้อน คำวิจารณ์ และคำแนะนำ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตน และพัฒนาหรือแก้ไขเพื่อให้งานของตนดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Enderle, Grooms, & Sampson (2012) ที่กล่าวว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะมีความสามารถในการสร้างและประเมินคำอธิบายและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่เรียนห้องเรียนปกติ

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถช่วยพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ โดยองค์ประกอบที่พัฒนามากที่สุดคือ การสร้างคำอธิบาย เพราะนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับคำถามนำการทดลองได้ ซึ่งมาจากการที่นักเรียนตั้งคำถามนำการทดลองที่สามารถหาคำตอบได้และนักเรียนอธิบายได้ตรงประเด็นจากการอ้างอิงหลักฐาน ในภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นตามวงรอบเพราะระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายต่อการทดลองและสะท้อนการให้เหตุผลของผู้อื่นผ่านการโต้แย้งและวิจารณ์รายงานผลการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Cetin, & Eymur (2017) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้จากการสืบสอบที่เป็นระบบ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น เช่น งานวิจัยของ Grooms, Enderle, & Sampson (2015) นักเรียนได้รับการฝึกเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือเหตุการณ์จากทฤษฎีหรือพยานหลักฐานที่สนับสนุนและชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายและหลักฐาน Wenning, & Khan (2011) พบว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นเนื่องจาก นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและบทบาทขององค์ประกอบของเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายและสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ผลจากการทดสอบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ทดสอบโดยแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและบทบาทขององค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบายและแสดงให้ผู้อื่นทราบถึงข้อเท็จจริง ทฤษฎีและผลการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนยังได้พัฒนาความรู้เนื้อหาผ่านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งดังจะเห็นได้จาก การที่ไม่มีนักเรียนสร้างคำอธิบายที่ไม่ถูกต้องในรายงานผลการทดลองของการจัดการเรียนรู้วงรอบที่ 3 และไม่มีนักเรียนคนใดตอบคำถามเชิงเนื้อหาในแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ คือการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ สรุป และอธิบายผลการทดลอง เพื่อให้ได้คำอธิบายเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์ หรือผลการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ (Enderle, Grooms, & Sampson, 2012; Wenning, & Khan, 2011) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Wenning, & Khan (2011) ซึ่งกล่าวว่า "การสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธี

การโต้แย้งเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ" หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งแล้ว นักเรียนจะได้ฝึกฝนระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือเหตุการณ์ด้วยการวิเคราะห์ทฤษฎีหรือพยานหลักฐานที่น่าเชื่อถือและมาจากการค้นคว้า และสามารถชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายที่ตนสร้างกับทฤษฎีหรือหลักฐาน นักเรียนจำนวนมากสามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่ระดับสูงได้ เพราะพวกเขาเข้าใจถึงความสำคัญขององค์ประกอบหลักสามประการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และพยายามที่จะสร้างคำอธิบายที่มีองค์ประกอบครบถ้วน เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์จริง (ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา ลดาชาติ, 2556)

ทั้งนี้การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เครื่องมือ 2 เครื่องมือ คือ รายงานผลการทดลองของนักเรียนเพื่อวิเคราะห์การพัฒนาระดับแต่ละองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมเพื่อสนับสนุนผลจากรายงานผลการทดลองของนักเรียนระหว่างเรียนมีความสอดคล้องกัน จากการใช้เครื่องมือในการวัดดังกล่าวผู้วิจัยพบว่าการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ควรมีความสอดคล้องกันในเรื่องของเกณฑ์การประเมินเพื่อให้เห็นความสอดคล้องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งได้มากขึ้น

และผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อาจมีความคลาดเคลื่อนบางประการ เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมทำแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน รวมทั้งจำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมในแต่ละวงรอบการจัดการเรียนรู้ไม่เท่ากัน ซึ่งนักเรียนที่เข้าร่วมครบทุกวงรอบจะมีระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีกว่านักเรียนเข้าร่วมไม่ครบทุกวงรอบ ทั้งนี้ในงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละช่วงแทนกับเปรียบเทียบจำนวนนักเรียน

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ประเด็นที่จะนำมาศึกษานั้นควรที่จะสามารถสำรวจตรวจสอบได้โดยใช้อุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนและมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาอื่นเพื่อให้เกิดการโต้แย้งในหลายมิติและสามารถใช้มนทัศน์เชื่อมโยงกับเนื้อหาอื่นในการอภิปรายร่วมกัน



1.2 การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ควรมีเกณฑ์ในการวัดเดียวกันเพื่อให้เห็นความสอดคล้องของการพัฒนาได้ง่าย จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการใช้เกณฑ์ที่ไม่เหมือนกันแต่มีความสอดคล้องกัน สามารถสรุปความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ยังไม่สามารถยืนยันผลการพัฒนาอย่างเห็นได้ชัดได้

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพของนักเรียน เพราะระหว่างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องใช้ทักษะในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ในการอภิปรายและลงข้อสรุปด้วยหลักฐานหรือทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ

2.2 การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริงอาจจะมีนักเรียนเข้าร่วมได้ไม่ครบทุกวงรอบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอาจจะส่งผลให้การวิเคราะห์ผลและแปรผลคลาดเคลื่อนได้ ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรที่จะเก็บข้อมูลนักเรียนและแยกวิเคราะห์ผลตามจำนวนรอบที่นักเรียนเข้าร่วม อาจจะแยกเป็นกลุ่มแต่ละประเภท หรือตัดข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลเฉพาะนักเรียนที่เข้าร่วมครบทุกวงรอบการจัดการเรียนรู้



บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กาญจนา มหาลี, และชาติรี ฝ้ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 16(5), 796-809.
- จุฑามาศ นุชิต, และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2554). ผลของปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดที่มีต่อความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงาระนาบ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 34(1-2), 124-134.
- ญาณพัฒน์ พรหมประสิทธิ์, นฤมล ยุตาคุม, และพัฒน์ จันทร์โรทัย (2551). การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต. *วารสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*, 29(1), 1-10.
- ณัฐอร บัวฉุน, นฤมล ยุตาคุม, และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2559). สภาพการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(2), 97-110.
- นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เชษฐ ศรีสวัสดิ์, และเสาวลักษณ์ โรมา. (2015). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 26(3), 66-76.
- ประภา สมสุข, กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, ณสรวิศ ผลโภาค, และมนัส บุญประกอบ. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในทัศนและความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 26(1), 170-182.
- ภคพร อิศระ, และอลิศรา ชูชาติ. (2558). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10(2), 249-260.

- ภัทราวรรณ ไชยมงคล, สกนธ์ชัย ชนะนนันท์, และจินตนา กล้าเทศ. (2560). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 27-40.
- ลฎาภา สุทธกุล, และลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 21(3), 170-123.
- ลือชา ลดาชาติ, และลฎาภา สุทธกุล. (2555). การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 4(2), 73-90.
- ลือชา ลดาชาติ, และวรรณทิพา รอดแวงคำ. (2551). การสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียงในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง. *วารสารวิจัยมข.*, 13(11), 1310-1320.
- ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระยุทธ ชาทะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 2(1), 29 - 49.
- สสวท. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิมพ์เผยแพร่.
- สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- Amsterdam university college. (2015). *Scientific reasoning*. Retrieved April 1, 2017, form <http://www.auc.nl/academic-programme/scientific-reasoning.html>
- 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.

- Boundless. (2016). *Scientific Reasoning*. Boundless Biology Boundless, Retrieved 23, April 2017, from <https://www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/the-study-of-life-1/the-science-of-biology-48/scientific-reasoning-264-11397/>
- Brunsell, E. (2010). *The Five Features of Science Inquiry: How do you know?*. Retrieved April 1, 2017, from <https://www.edutopia.org/blog/teaching-science-inquiry-based>
- 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.
- Committee on Science Learning. (2007). *Taking science to school*. Washington, DC: National Academies Press.
- Dahsah, C., & Faikhamta, C. (2008). Science Education in Thailand: Science Curriculum Reform in Transition. In R. K. Coll & N. Taylor. (Eds.). *Science Education in context; An international Examination of the Influence of Context on Science Curricula Development and Implementation*. Rotterdam: Secnse Publisher.
- Ding, L., Wei, X., & Mollohan, K. (2014). Does Higher Education Improve Student Scientific Reasoning Skills?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(4), 619-634.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287.
- 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., & Sampson, V. (2017). Argument Focused Instruction and Science Proficiency in Middle and High School Classrooms. *Paper presented in the 2012 NARST Annual International Conference*. Vancouver: BC.
- Enderle, P., Grooms, J., & 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.
- Geddis, A. N. (1991). Improving the Quality of Science Classroom Discourse on Controversial Issues. *Science Education*, 75(2), 169-183.
- 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., & Sampson, V. (2016). *Argument-driven inquiry in physical science*. VA: NSTA Press.
- Johnson, B., & Christensen, L. (2008). *Educational research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches* (3rd.). London: Sage Publication.
- Kant, J., Scheiter, K., & Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning And Instruction*, 52, 46-58.
- Kim, S. M., & Hannafin, M. J., (2016). Synergies: Effects of source representation and goal instructions on evidence quality, reasoning, and conceptual integration during argumentation-driven inquiry. *Instructional Science*, 44(5), 441-76.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Lawson, A., E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *J Res Sci Teac*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A., E. (1987). *Classroom test of scientific reasoning: revised paper and pencil version*. Tempe: Arizona State University.

- 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.
- Meindertsma, H., Dijk, M., Steenbeek, H., & Geert, P. (2013). Assessment of Preschooler's Scientific Reasoning in Adult-Child Interactions: What Is the Optimal Context?. *Research in Science Education*. 44, 215-237.
- Moore, J. C., & Rubbo, L. J. (2012). Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 1-8.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics*. Massachusetts: 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*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Rankin T.(2016). *How do I improve on my scientific reasoning skills?*. Retrieved 23, May 2017, from <https://www.quora.com/How-do-I-improve-on-my-scientific-reasoning-skills>
- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal Of Research In Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science Teachers and Scientific Argumentation: Trends in Views and Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 1-27.

- Sampson, V., & Gleim, L. (2009). Argument-Driven Inquiry to Promote the Understanding of Important Concepts & Practices in Biology. *The American Biology Teacher*, 71(8), 465-472.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009a). Argument-driven inquiry: A way to promote learning during laboratory activities. *Science Education*, 76, 42-47.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009b). Argument-Driven Inquiry to promote learning and interdisciplinary work in science classrooms. *The Science Teacher*, 76(8), 42-47.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2010). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95, 217-257.
- Sandoval, W., & Reiser, B. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- Silk, E., Schunn, C., & Strand Cary, M. (2009). The Impact of an Engineering Design Curriculum on Science Reasoning in an Urban Setting. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 209-223.
- Singleton Jr, R., & Straits, B. (1999). The logic of scientific reasoning. *Approaches to Social Research*, 3, 40 -62.
- Toulmin, S. (2003). *The uses of argument*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Transforming Lab Activities. (2017). *Argument-Driven Inquiry*. Retrieved March 1, 2017, from <http://www.argumentdriveninquiry.com/research-on-adi.html>
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing Young Children's Scientific Reasoning. *Research in Science Education*, 33(4), 433-465.



- Walker, J., & Sampson, V. (2013). Learning to Argue and Arguing to Learn: Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course. *Journal Of Research In Science Teaching*, 50(5), 561-596
- Walker, J. (2011). *General Chemistry 2 Lab using Argument-Driven Inquiry*. North Carolina: North Carolina State University.
- Waters, H. (2017). *Children's Learning and Instruction*. Retrieved 23, April 2017, from [http://www.psychology.sunysb.edu/hwaters-psy329/329\\_slide\\_set\\_6b/329slideset6b.pdf](http://www.psychology.sunysb.edu/hwaters-psy329/329_slide_set_6b/329slideset6b.pdf)
- 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.
- Yore, L., Hand, B., & Prain, V. (2002). Scientists as writers. *Science Education*, 86(5), 672-692.
- Zeidler, D. L., Osborne, J., Erduran, S., & Monk, M. (2003). *The role of argument during discourse about socioscientific issues*. Netherlands: Springer.



ภาคผนวก

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แสงและทัศนอุปกรณ์	เรื่อง เลนส์บาง
รายวิชา ว 30203 ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560	จำนวนเวลาที่สอน 4 ชั่วโมง
ผู้สอน นาย กุลวรรณ อินทะอุต	โรงเรียน -

#### 1. ผลการเรียนรู้

เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์นูนและเลนส์เว้า พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส

#### 2. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### ด้านพุทธิพิสัย (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของเลนส์บางได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความยาวโฟกัส ระยะวัตถุ ระยะภาพ ขนาดวัตถุ และขนาดภาพ ที่เกิดจากเลนส์บางได้

##### ด้านทักษะพิสัย (P)

3. นักเรียนสามารถเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้
4. นักเรียนสามารถคำนวณหาระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัสและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

##### ด้านจิตพิสัย (A)

5. นักเรียนตั้งใจเรียน มีความสนใจกระตือรือร้นในเรื่องที่เรียน
6. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

#### 3. สาระสำคัญ

แสงจะมีการหักเหเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง การหักเหของแสงเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ภาพเกิดจากการหักเหที่ผิวโค้งทรงกลมมีทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ภาพเกิดจากการหักเหของแสงที่ผิวระนาบจะเป็นภาพเสมือนตำแหน่งของภาพของเลนส์นูนและเลนส์เว้า หาได้โดยการเขียนแผนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณ

#### 4. กระบวนการเรียนรู้

##### ขั้นที่ 1 การระบุเป้าหมายและคำถามนำ (10 นาที)

###### 1. ครูกล่าวทักทายนักเรียนและถามคำถามกับนักเรียนดังนี้

- รู้จักกล้องวงจรปิดหรือไม่ ถ้ารู้จักใช้ทำงานอะไร (คำตอบที่คาดว่าจะได้รับ: บันทึกเหตุการณ์)

- กล้องวงจรปิดที่ดีควรเป็นอย่างไร (คำตอบที่คาดว่าจะได้รับ: ภาพคมชัด, มุมกว้าง, ระยะไกล, ขนาดเล็ก)

2. หลังจากถาม-ตอบเสร็จแล้ว ครูเปิดรูปภาพ กล้องวงจรปิดชนิดต่างๆ ให้นักเรียนดูและครูพูดต่อว่า “กล้องวงจรปิดมีหลายประเภทแตกต่างกันตามการใช้งาน และความต้องการ โดยจะใช้เลนส์บางเพื่อประยุกต์ให้เหมาะสม นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อภาพกล้องบันทึกได้” (คำตอบที่คาดว่าจะได้รับ: ชนิดของเลนส์ โฟกัสของเลนส์ กำลังขยาย แสงของภาพในขณะถ่าย ขนาดของภาพ จุดที่ติดกล้อง)

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน ทั้งหมด 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มเลือกปัจจัยที่ตนคิดว่าส่งผลต่อภาพกล้องวงจรปิดบันทึกได้ และเลือกปัจจัยนั้นในการทำการทดลองเพื่อตรวจสอบ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำถามนำการทดลองว่ากลุ่มของตนนั้นจะทำการทดลองเรื่องอะไร สิ่งใดเป็นตัวแปรต้น สิ่งใดเป็นตัวแปรตาม ต้องเก็บตัวแปรใดบ้าง ซึ่งครูจะมีอุปกรณ์ในการทดลองให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้ดังนี้

- |                                      |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| 1.) อนุจาลองดินน้ำมันสูง 5 เซนติเมตร | 2.) เลนส์นูน 2 อัน |
| 3.) เลนส์เว้า 2 อัน                  | 4.) ไม้บรรทัด      |
| 5.) เสากกระดาษ 1 ต้น                 | 6.) เทปใส          |
| 7.) ไม้วัดมุมครึ่งวงกลม              | 8.) ตลับเมตร       |

4. ครูเตือนถึงข้อระมัดระวังในการทดลอง “วันนี้เราจะทำการทดลองเกี่ยวกับแสง เพราะฉะนั้นเราจะทำในห้องมืดนะครับ ให้ระมัดระวังอุบัติเหตุ การชนกับเพื่อน ชนอุปกรณ์ด้วยนะครับ และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทดลองคลาดเคลื่อนอย่าส่องไฟไปทางกลุ่มเพื่อนนะครับ”

##### ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล (30 นาที)

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเองลงใน “ใบกิจกรรม: เลนส์บาง” ส่วนที่ 1 ขั้นตอนการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง ซึ่งครูจะแจกให้นักเรียนและพูดว่า “ให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนการทดลองเองเพื่อให้ได้ข้อสรุปของคำถามนำ รวมถึงออกแบบตารางการทดลองเพื่อบันทึกข้อมูลที่นักเรียนต้องการเก็บบันทึกมา

เพื่อสนับสนุนข้อสรุปของนักเรียนนะครับ หลังจากออกแบบขั้นตอนการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลองเรียบร้อยแล้ว ให้นำมาให้ครูดูก่อนเริ่มการทำการทดลองและเก็บข้อมูล”

6. ครูทำการตรวจดูขั้นตอนการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง หากส่วนใดของขั้นตอนการทดลองและตารางการทดลองขาดหายหรือบกพร่อง ครูจะให้คำแนะนำเพิ่มเติม รวมถึงซักถามนักเรียนถึงข้อมูลที่ต้องการจะเก็บ และวิธีการที่จะนำไปสรุปผลเพื่อให้นักเรียนได้คิดทบทวนรูปแบบการทดลองอีกครั้งหนึ่ง เมื่อครูเห็นว่าสมควรที่จะทดลองได้ครบหมดทั้งห้องแล้ว ทำการปิดไฟในห้องทดลองและอนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูลได้ โดยเน้นย้ำให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือเพื่อบันทึกภาพได้จากการทดลองเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน

7. ระหว่างขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูลครูเดินตรวจแต่ละกลุ่มโดยมีสิ่งที่จะต้องคำนึงดังนี้

- นักเรียนทดลองโดยมีความปลอดภัย
- นักเรียนยังคงทำการทดลองในเรื่องที่กำหนดไว้ ไม่นอกเรื่อง
- นักเรียนทุกคนในกลุ่มสนใจและร่วมมือกันทำการทดลอง

หากพบว่านักเรียนกลุ่มใดมีข้อติดขัด ปัญหา หรือพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ ครูรีบกล่าวตักเตือนและให้คำแนะนำเพื่อให้การทดลองและการเก็บข้อมูลดำเนินไปอย่างราบรื่นและนักเรียนเก็บข้อมูลที่ต้องการได้สำเร็จครบถ้วน

### ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น (10 นาที)

8. ครูให้นักเรียนทำการอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อสรุปผลการทดลองเป็นข้อโต้แย้งขั้นต้นตามรูปแบบใน “ใบกิจกรรม: เลนส์บาง” ส่วนที่ 2 ข้อโต้แย้งขั้นต้น โดยวิเคราะห์และแปรผลข้อมูลจากหลักฐานที่ได้จากการทดลอง

9. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มลงในกระดาษรูปแผ่นใหญ่และเตรียมการนำเสนอเพื่อนำไปโต้แย้งร่วมกับเพื่อนในห้องในขั้นถัดไป

### ขั้นที่ 4 การโต้แย้ง (50 นาที)

10. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นหน้าห้อง กลุ่มละ 3 นาที (มีทั้งหมด 6 กลุ่มรวมใช้เวลา 20 นาที) โดยให้พูดถึงข้อกล่าวอ้างสรุปผลการทดลอง หลักฐานที่เก็บมาได้ รวมถึงการให้เหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สนับสนุนกัน และใช้เวลา 5 นาทีในแต่ละกลุ่มเพื่อให้นักเรียนซักถามและวิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือความเห็นที่ต่างกันของกลุ่มอื่น (มีทั้งหมด 6 กลุ่มรวมใช้เวลา 30 นาที) ครูจะกระตุ้นโดยการสังเกตความเห็นที่ต่างกันระหว่างที่นักเรียนนำเสนอและถามความเห็นหรือรายละเอียดเปรียบเทียบกับอีกกลุ่ม ทั้งนี้ครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถามกันเองก่อน หากไม่มีนักเรียนถาม ครูจึงเริ่มการกระตุ้น

หมายเหตุ : การโต้แย้งให้เน้นให้นักเรียนโต้แย้งจากหลักฐานและการให้เหตุผล ถ้าเริ่มมีการโต้แย้งโดยใช้อารมณ์ร่วมหรือการพูดโดยปราศจากหลักฐานหรือการอ้างอิง ให้ครูริบยุดติการโต้แย้งนั้นหรือใช้คำพูด/คำถามชี้้นำให้กลับมาโต้แย้งด้วยหลักฐาน

### ขั้นที่ 5 การระจ่างมโนทัศน์และการอภิปรายเชิงสะท้อน (20 นาที)

11. ครูร่วมอภิปรายถึงมโนทัศน์เรื่อง เลนส์บางที่ถูกต้องร่วมกับนักเรียนโดยใช้หลักฐานจากการทดลองของนักเรียนในการอ้างถึงและยกตัวอย่าง ซึ่งจะมีเนื้อหาสาระดังนี้

- 1.) แสงจะมีการหักเหเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งรวมถึงเลนส์
- 2.) ภาพเกิดจากการหักเหที่ผิวโค้งทรงกลมมีทั้งภาพจริงและภาพเสมือน
- 3.) ภาพเกิดจากการหักเหของแสงที่ผิวระนาบจะเป็นภาพเสมือนตำแหน่งของภาพของเลนส์นูนและเลนส์เว้า
- 4.) แสดงการวาดเส้นทางเดินของแสง และการคำนวณหาค่าต่างๆที่เกี่ยวข้อง
- 5.) เลนส์บางสามารถนำมาประกอบเพื่อสร้างภาพตามที่ต้องการได้จากการประยุกต์

12. ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนในประเด็นที่ยังตกค้างหรือประเด็นที่นักเรียนหลายกลุ่มให้ความเห็นในขั้นที่ 4 การโต้แย้ง เพื่อสะท้อนกระบวนการทดลองของนักเรียน โดยให้นักเรียนได้แบ่งปันวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลที่ตอบคำถามนำได้ซึ่งให้กลุ่มที่สามารถตอบคำถามในประเด็นต่างๆ เป็นผู้อธิบาย

หมายเหตุ : หากนักเรียนได้โต้แย้งมโนทัศน์เรื่องที่เกี่ยวข้องแต่ไม่ได้อยู่ในเรื่องเลนส์บางโดยตรง ให้ครูอธิบายความเชื่อมโยงระหว่าง 2 มโนทัศน์นี้โดยไม่ต้องเจาะลึกอธิบายมโนทัศน์เรื่องที่เกี่ยวข้อง

หากนักเรียนได้โต้แย้งมโนทัศน์ที่ไม่เกี่ยวข้องเลย หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทำให้สรุปผลผิดให้แก้ไขให้ถูกต้องโดยการอธิบายสิ่งว่ามันผิดอย่างไรและที่ถูกควรเป็นอย่างไร โดยใช้หลักฐานจากการทดลองเพื่ออธิบายและชี้ให้เห็นว่านักเรียนคลาดเคลื่อนที่ขั้นตอนใดในการทดลอง

### ขั้นที่ 6 เขียนผลการสำรวจ (มอบหมายงาน)

13. ครูให้นักเรียนแต่ละคนกลับไปเขียนรายงานผลการทดลองในรูปแบบของข้อโต้แย้งเพื่อนำมาส่งให้ครูและทำการถ่ายสำเนาด้วยจำนวน 3 ชุด โดยครูชี้แจงรายละเอียดรายงานผลการทดลองซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| 1.) วัตถุประสงค์ของการทดลอง | 2.) คำถามนำการทดลอง |
| 3.) อุปกรณ์การทดลอง         | 4.) ขั้นตอนการทดลอง |
| 5.) ผลการทดลอง              | 6.) สรุปผลการทดลอง  |

## 7.) สิ่งที่ต้องปรับปรุง

**ขั้นที่ 7 การสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตนโดยผู้ประเมินอิสระ (50 นาที)**

14. ครูให้นักเรียนส่งรายงานผลการทดลองและสำเนาจำนวน 3 ชุด โดยที่สำเนานั้นไม่เขียนชื่อ ครูทำหมายเลขติดเอาไว้เพื่อระบุว่าเป็นของนักเรียนคนใด โดยไม่ให้นักเรียนรู้หมายเลข

15. ครูสุ่มแจกสำเนาให้นักเรียนแต่ละคน นักเรียนหนึ่งคนจะได้รับสำเนารายงานผลการทดลองของนักเรียนคนอื่นจำนวน 3 ชุด (แต่ละชุดมาจากนักเรียนที่ไม่ใช่คนเดียวกัน)

16. ครูให้นักเรียนเขียนวิจารณ์รายงานผลการทดลองตามความเข้าใจของตนเอง โดยครูย้ำเป้าหมายให้นักเรียนวิจารณ์ในประเด็นดังนี้

- 1.) ขั้นตอนการทดลองเหมาะสมหรือไม่อย่างไร
- 2.) ตารางออกแบบการทดลองครอบคลุมตัวแปรที่ต้องใช้ในการตอบคำถามหรือไม่อย่างไร
- 3.) คำกล่าวอ้างมีหลักฐานจากการทดลองรองรับหรือไม่อย่างไร
- 4.) คำกล่าวอ้างกับหลักฐานมีความสัมพันธ์ตามที่ได้ให้เหตุผลไว้หรือไม่อย่างไร
- 5.) การให้เหตุผลถูกต้องตามทฤษฎีหรือไม่อย่างไร

นักเรียนทำการวิจารณ์รายงานผลการทดลองทีละเล่ม โดยให้เวลาเล่มละ 15 นาที รวม 3 เล่ม ใช้เวลา 45 นาทีพร้อมทั้งลงชื่อกำกับ เมื่อวิจารณ์เสร็จสิ้นแล้วรวบรวมรายงานผลการทดลองให้ครู

**ขั้นที่ 8 ทบทวนแก้ไขและส่งรายงาน (70 นาที)**

17. ครูคืนรายงานที่ได้รับการวิจารณ์จากขั้นก่อนหน้าให้นักเรียนได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงรายงานตามคำแนะนำจากเพื่อน หากไม่แก้ไขเขียนเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ทำตามคำแนะนำและส่งรายงานที่แก้ไขแล้ว

## 5. การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ในการวัดและประเมิน
<b>ด้านพุทธิพิสัย</b> 1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของเลนส์บางได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความยาวโฟกัส ระยะวัตถุ ระยะภาพ ขนาดวัตถุ และขนาดภาพที่เกิดจากเลนส์บางได้	- สังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียน	- คำถามของผู้สอน	- ตอบคำถามได้ถูกต้อง ประเมินผ่าน - ตอบคำถามไม่ถูกต้อง ประเมินไม่ผ่าน
<b>ด้านทักษะพิสัย</b> 3. นักเรียนสามารถเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์นูนและเลนส์เว้าได้ 4. นักเรียนสามารถคำนวณหา ระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	- แสดงวิธีคำนวณได้ถูกต้อง	- แบบฝึกหัดทำียบท	- ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ให้ ผ่าน
<b>ด้านจิตพิสัย</b> 9. นักเรียนมีความสนใจอยากรู้ อยากเรียน และเจตคติที่ดีต่อการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง 10. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	- การสังเกตพฤติกรรม การเรียนเป็นรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียนเป็นรายบุคคล	- ได้ 4-6 คะแนน ประเมินผ่าน - ได้น้อยกว่า 4 คะแนน ประเมินไม่ผ่าน



## 6. สื่อ วัสดุอุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้

### 6.1 สื่อ

- PowerPoints “ภาพสนามฟุตบอลหญ้าเทียม”

### 6.2 วัสดุ-อุปกรณ์

รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1. ทุ่นจำลองดินน้ำมันสูง 5 เซนติเมตร	1 อัน
2. เลนส์นูน	2 อัน
3. เลนส์เว้า	2 อัน
4. ไม้บรรทัด	1 อัน
5. เสากระดาศ	1 ต้น
6. เทปใส	1 ม้วน
7. ไม้วัดมุมครึ่งวงกลม	1 อัน
8. ตลับเมตร	1 อัน

### 6.3 เอกสาร

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้น ม.4-6 เล่ม 3 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ)
- เอกสารประกอบการเรียน วิชา ว 30203 ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3
- ใบกิจกรรม : เลนส์บาง

7. บันทึกหลังการสอน

7.1 ผลที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน

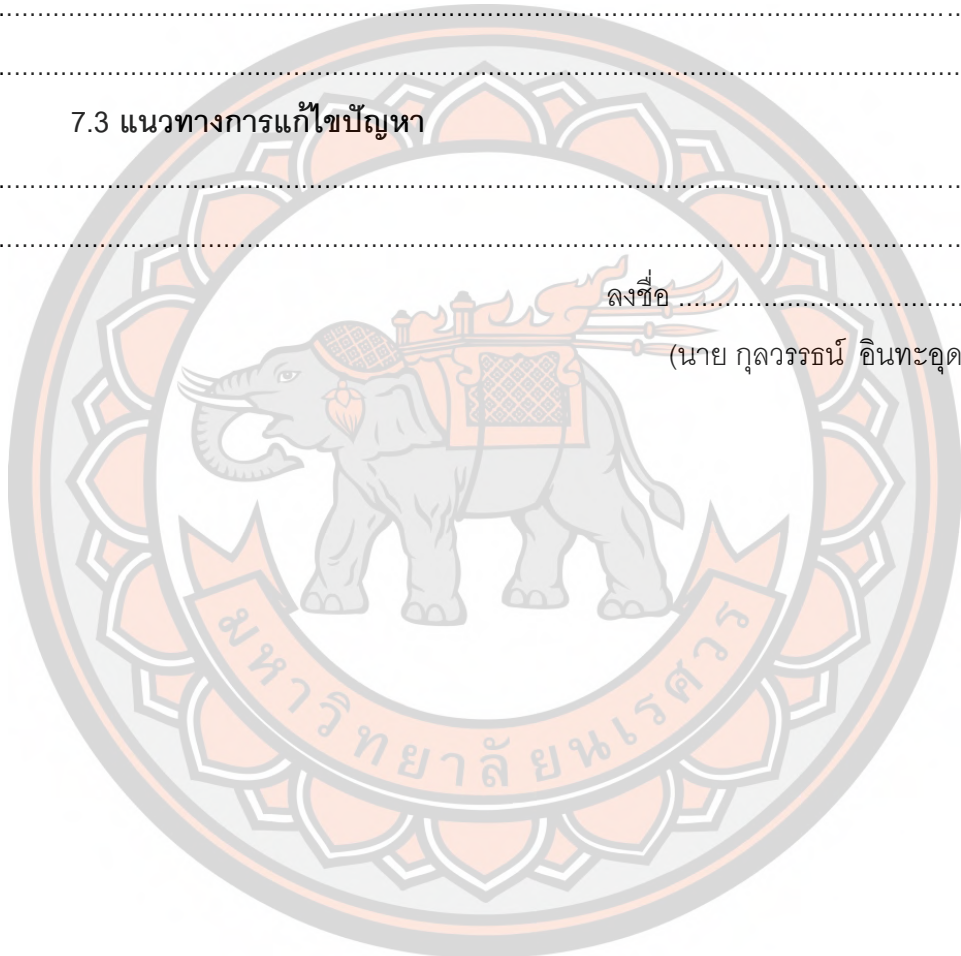
.....  
.....

7.2 ปัญหาที่พบจากการสอน

.....  
.....

7.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

.....  
.....



ลงชื่อ .....  
(นาย กุลวรรณ อินทะนุด)

### ใบกิจกรรม : เล่นสับาง

ชื่อกลุ่ม.....	กลุ่มที่ .....
สมาชิกกลุ่ม 1. ....	เลขที่ .....
2. ....	เลขที่ .....
3. ....	เลขที่ .....
4. ....	เลขที่ .....
5. ....	เลขที่ .....

#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. สามารถอธิบายผลกระทบของแสงสีต่างๆต่อสีที่มองเห็นได้

เวลาที่ใช้ 30 นาที

ส่วนที่ 1 ขั้นตอนการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

คำถามนำการ

ทดลอง : .....

วัสดุอุปกรณ์

ขั้นตอนการทดลอง



ส่วนที่ 2 ข้อโต้แย้งขั้นต้น

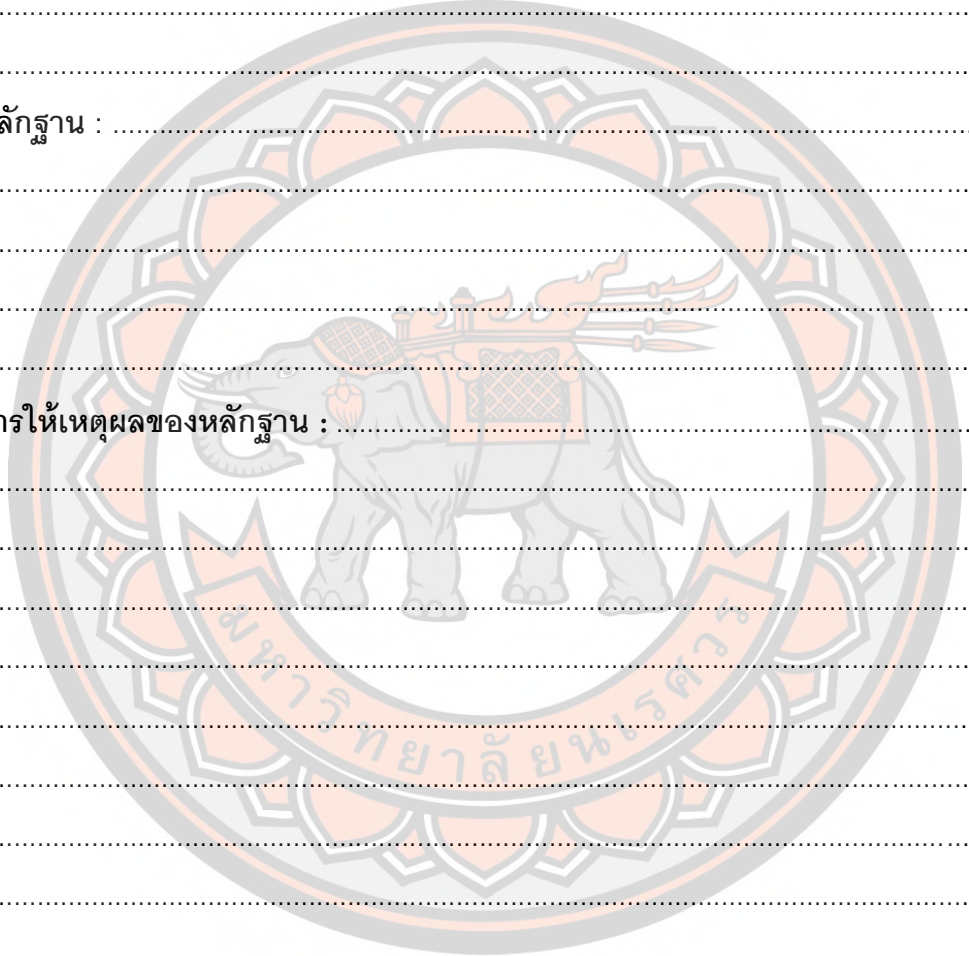
คำถามนำการ

ทดลอง : .....

ข้อกล่าวอ้าง : .....

หลักฐาน : .....

การให้เหตุผลของหลักฐาน : .....



## แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ทศนอุปกรณ์และเงา

#### ขั้นที่ 1 การระบุเป้าหมายและคำถามนำ

ครูจะระบุเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่จะทำการสืบสอบโดยกล่าวถึงความสำคัญ ปัญหา หรือ เหตุผลที่จะต้องทำการสืบสอบของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์และสร้างคำถามนำ การทดลองร่วมกับนักเรียน กรณีที่มีอุปกรณ์การทดลองที่มีวิธีการใช้งานซับซ้อนหรือการทดลอง เสี่ยงต่ออุบัติเหตุให้ครูชี้แจงวิธีการใช้งานและข้อระมัดระวังเหล่านั้น

**พฤติกรรมของผู้สอนในชั้นเรียน (การควบคุมชั้นเรียน ลำดับขั้นตอนการสอน)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**พฤติกรรมที่ควรปรับแก้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้

## ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง ด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงข้อมูลที่ต้องการจะเก็บเพื่อนำมาตอบคำถามนำการทดลอง เมื่อครูตรวจความสมบูรณ์ของผลการออกแบบแต่ละกลุ่มแล้วให้นักเรียนดำเนินการทดลอง

**พฤติกรรมของผู้สอนในชั้นเรียน** (การควบคุมชั้นเรียน ลำดับขั้นตอนการสอน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**พฤติกรรมที่ควรปรับแก้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้

### ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งขั้นต้น

ครูให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองในขั้นที่ 2 และเรียกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้ว่า “ข้อโต้แย้งขั้นต้น”

**พฤติกรรมของผู้สอนในชั้นเรียน** (การควบคุมชั้นเรียน ลำดับขั้นตอนการสอน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**พฤติกรรมที่ควรปรับแก้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/ พัฒนา      วิธีการ จัดการเรียนรู้

#### ขั้นที่ 4 การโต้แย้ง

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนเอง และอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประเมินข้อโต้แย้งขั้นต้นของกลุ่มตนร่วมกับกลุ่มอื่น หลังจากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขข้อโต้แย้งขั้นต้นของตนเอง หากจำเป็นสามารถให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองใหม่ได้

**พฤติกรรมของผู้สอนในชั้นเรียน** (การควบคุมชั้นเรียน ลำดับขั้นตอนการสอน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**พฤติกรรมที่ควรปรับแก้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้



พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้





พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้

### ขั้นที่ 7 การสุ่มวิจารณ์แบบไม่ระบุตัวตน

ครูให้นักเรียนแต่ละคนส่งสำเนารายงานผลการทดลอง 3 ฉบับ โดยไม่ต้องเขียนชื่อลงในรายงาน แต่ครูจะทำหมายเลขไว้ และสุ่มให้นักเรียนแต่ละคนวิจารณ์รายงานผลการทดลอง โดยไม่รู้ว่าเจ้าของเป็นใคร 1 คน จะต้องวิจารณ์ทั้งหมด 3 ฉบับ วิจารณ์ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนจากหลักฐานที่น่าเสนอและเหตุผลสนับสนุน โดยคำนึงความสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์

**พฤติกรรมของผู้สอนในชั้นเรียน** (การควบคุมชั้นเรียน ลำดับขั้นตอนการสอน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**พฤติกรรมที่ควรปรับแก้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้

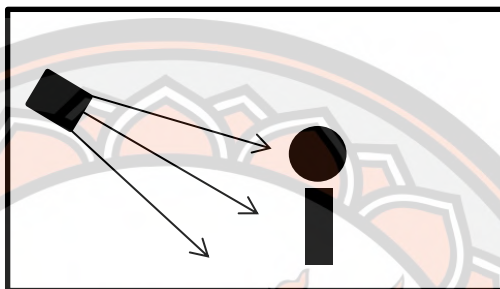


พฤติกรรมของผู้สอนที่ สนับสนุน/ขัดขวางการ พัฒนาการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมของผู้เรียนที่ ตอบสนอง	แนวทางการแก้ไข/พัฒนา วิธีการจัดการเรียนรู้

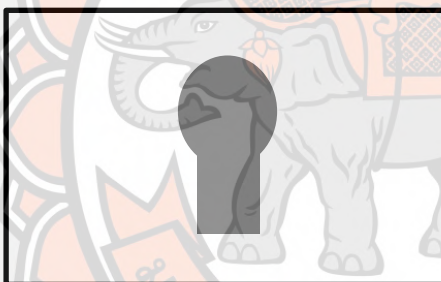
แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

ชื่อ..... นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

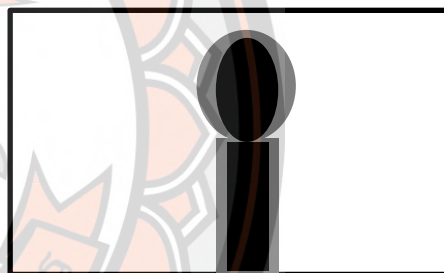
1. “เงา” เกิดขึ้นจากการที่แสงกระทบกับวัตถุทึบแสงและไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุ จึงทำให้เกิดเงาบนฉาก ด้านที่ไม่ได้รับแสง หากนักเรียนถูกสปอร์ไลท์ส่องในระยะใกล้ เงาที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นแบบใด



ก.



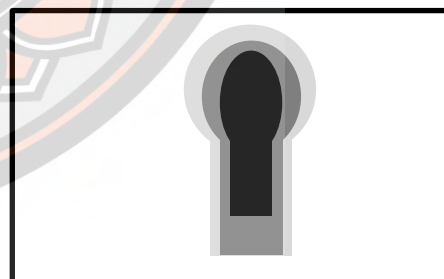
ข.



ค.



ง.



2. จากข้อ 1 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

.....  
.....  
.....  
.....  
.....







9. รังสี UV ในแสงแดดมีอันตรายต่อดวงตาของเรา รังสี UV สามารถทำลายกระจกตา (cornea) และเรตินา (retina) หากเราไม่ป้องกันดวงตาอันบอบบางในวันที่แสงแดดร้อนจัด แว่นตากันแดด จึงเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถช่วยป้องกันแสงเข้าสู่ดวงตาของเรามากเกินไป แว่นตากันแดด ในปัจจุบันมีสีให้เลือกหลากหลาย หากนักเรียนต้องเลือกเลนส์และสีของเลนส์เพื่อนำมา ประกอบเป็นแว่นตากันแดด นักเรียนควรเลือกใช้เลนส์ชนิดใด และควรมีสีอะไร

ก. เลนส์นูน สีน้ำเงินโทนม่วง

ข. เลนส์นูน สีส้มโทนแดง

ค. เลนส์เว้า สีน้ำเงินโทนม่วง

ง. เลนส์เว้า สีส้มโทนแดง

10. จากข้อ 9 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. ความสว่าง (illuminance) ที่เกิดบนพื้นที่รองรับแสง เกิดจากฟลักซ์การส่องสว่าง หรืออัตราการให้พลังงานแสง ตกบนพื้นที่รองรับแสง หาได้จาก

$$E = \frac{F}{A}$$

F เป็น อัตราพลังงานแสงที่ตกตั้งฉากบนพื้น มีหน่วยเป็นลูเมน (lumen : lm)

A เป็น พื้นที่รับแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

E เป็น ความสว่าง มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux ; lx)

แหล่งกำเนิดแสง	อัตราการให้พลังงานแสง
เทียนไข	12.5 lm
หลอดไส้	900 lm
หลอดไอเมอร์คิวรีความดันสูง	26000 lm
หลอดเมทัลฮาไลด์	190000lm



ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลแยกตามรายชื่อ  
จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

เลขที่	แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน					
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6
1	2	3	1	3	3	1
2	1	3	3	3	4	3
3	4	3	3	3	1	3
4	1	4	3	4	3	4
5	-	-	-	-	-	-
6	1	4	1	3	3	3
7	2	3	3	2	3	3
8	2	3	3	2	3	4
9	2	3	1	3	4	3
10	3	4	1	4	3	3
11	2	3	3	1	4	3
12	3	3	3	2	4	1
13	-	-	-	-	-	-
14	1	4	3	3	2	2
15	1	2	2	4	2	1
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-
18	4	4	2	3	2	3
19	2	3	3	2	2	3
20	1	3	2	4	3	2
21	1	3	2	4	3	3
22	3	3	2	4	3	3
23	3	3	3	3	4	4

เลขที่	แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน					
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6
24	1	3	2	2	2	3
25	1	3	2	2	2	3
26	-	-	-	-	-	-
27	1	3	2	2	4	3
28	2	3	2	1	4	4
29	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-
31	3	1	2	3	3	3
32	2	3	2	3	3	3
33	4	3	3	4	3	3
34	2	1	2	2	3	4

ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลแยกตามรายชื่อ  
จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

เลขที่	แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน					
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6
1	4	3	4	4	4	4
2	-	-	-	-	-	-
3	4	3	4	4	3	4
4	-	-	-	-	-	-
5	4	3	4	4	4	4
6	4	4	2	3	4	4
7	3	3	4	4	4	4
8	2	3	4	4	3	4
9	4	4	3	3	3	3
10	4	4	3	3	4	3
11	3	3	4	4	4	4
12	4	4	4	3	4	4
13	-	-	-	-	-	-
14	4	4	3	4	3	3
15	-	-	-	-	-	-
16	4	4	3	4	4	4
17	4	4	4	4	4	4
18	4	4	3	4	4	3
19	4	3	3	3	4	3
20	4	3	3	3	4	4
21	4	3	4	4	4	3
22	4	3	3	3	4	3
23	3	3	3	4	4	4

เลขที่	แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน					
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6
24	4	3	3	4	4	4
25	3	3	3	4	3	3
26	3	3	3	3	3	3
27	3	4	3	3	4	3
28	4	3	3	3	4	3
29	3	3	3	3	3	4
30	2	3	4	4	4	4
31	3	3	2	2	4	3
32	3	3	3	4	4	4
33	-	-	-	-	-	-
34	3	3	3	4	4	4

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล                      กุลวรรธน อินทะอุด

วัน เดือน ปี เกิด        21 พฤศจิกายน 2535

ที่อยู่ปัจจุบัน            103/1 หมู่ 1 ตำบล แม่เหียะ อำเภอ เมือง จังหวัด เชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559                วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

