

## แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน

ปัฐวี มุลภา<sup>1\*</sup> และเอกภูมิ จันทรวงศ์<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

\*pattawee.m@ku.th, ekgapoom.j@ku.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ แผนการจัดการเรียนรู้ บันทึกหลังการสอน ใบกิจกรรม และอนุทินสะท้อนความคิด วิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีด้วยการวิเคราะห์แบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย แต่ยังไม่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบายได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง และพบว่านักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบาย ผลการศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ในการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นสถานการณ์ที่พบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันและมีความน่าสนใจ 2) ควรเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และการทดลองที่มีความน่าสนใจ 3) ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายบุคคลก่อนที่จะเริ่มทำงานกลุ่มเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่มีลักษณะสำคัญคือ มุ่งเน้นให้นักเรียนเปรียบเทียบแนวคิดเดิมกับแนวคิดใหม่ของตนเอง ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการโต้แย้งอย่างสมเหตุสมผล ส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน และ 4) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นแนวทางที่ทำให้นักเรียนสามารถเลือกใช้หลักฐานประกอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

**คำสำคัญ:** แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน

# Best Practices for Argument-Driven Inquiry with Formative Assessment Techniques to Development Grade 7 Students' Scientific Reasoning in Thermal Energy Topic

Pattawee Moollapa<sup>1\*</sup> and Ekgapoom Jantarakantee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Science Education, Faculty of Education Kasetsart University

\*pattawee.m@ku.th, ekgapoom.j@ku.th

## Abstract

The purpose of this classroom action research is to develop the level of scientific reasoning ability and find out good practices in Argument-Driven Inquiry with Formative Assessment Techniques. The participants were a classroom of grad 7 students (N=29). Data were gathered by using the scientific reasoning test, teacher's reflective journal, student worksheets and student's reflective journal. The content analysis was employed for tracking the students' scientific reasoning ability. Inductive analysis was used for eliciting good teaching practices. The results indicate that students have a steadily increasing development of scientific reasoning at a high level. Specifically, deductive reasoning and inductive reasoning, but it has not been able to develop Abductive reasoning and Retroductive reasoning as well as it should. It was found that some students did not change their level of scientific reasoning ability, especially Abductive reasoning and Retroductive reasoning. The research study revealed good practices in this teaching approach that included: 1) Examples of situations used in learning should be common in everyday life and interesting 2) Choose interesting materials, equipment and experiments 3) Students should be given the opportunity to analyze data individually before starting group work to check students' understanding, the important characteristic of Formative Assessment Techniques is the focus is on encouraging students to compare their old beliefs with their new ones, this will help stimulate reasoned argumentation, promote students' scientific reasoning and enhance their learning and 4) Such a learning management model is an approach that allows students to choose the right evidence for scientific reasoning.

**Keywords:** Best practices, Argument-Driven Inquiry, Formative Assessment Techniques.

## 1. บทนำ

ด้วยสภาพสังคมและบริบทของโลกในศตวรรษที่ 21 ที่เข้าสู่ระบบเศรษฐกิจแบบดิจิทัล ทำให้ประเทศไทยต้องการสร้างพลเมืองที่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หรือใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นฐานในการดำรงชีวิต การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่เพียงการสอนให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ต้องทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างรู้เท่าทัน [1] การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์จึงถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมี

จุดเน้น คือ การแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องให้มีความน่าเชื่อถือ การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์จึงถูกกำหนดให้เป็นความสามารถหลักในการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบตามกรอบแนวคิดของ Lawson [2] ได้แก่ 1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย 2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย 3) การให้เหตุผลแบบสมมติฐาน และ 4) การให้เหตุผลแบบอธิบาย แม้การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์จะสำคัญต่อการศึกษา แต่จากผลการประเมิน TIMSS 2015 พบว่า นักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลเท่ากับ 447 คะแนน อยู่ในระดับความสามารถต่ำ ส่วนใหญ่ทำแบบเลือกตอบได้มากกว่าแบบเขียนตอบ และในการทำข้อสอบแบบเขียนตอบ มักตอบคำถามได้ไม่ชัดเจน ตอบไม่ตรงคำถาม ไม่สามารถเขียนคำอธิบายที่แสดงเหตุผลประกอบได้ [3] เช่นเดียวกับผลการประเมิน PISA 2022 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์เท่ากับ 409 คะแนน อยู่ในความสามารถระดับ 2 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 485 คะแนน [4] อีกทั้งยังมีทักษะการเขียนเพื่อการสื่อสารอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD โดยเฉพาะข้อคำถามที่ให้อธิบายเหตุผลว่าเป็นเพราะเหตุใด หรือมีหลักฐานอะไร นักเรียนมักจะไม่ตอบหรือใช้วิธีลอกข้อความในเนื้อเรื่องมาตอบ

จากสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้สังเกตเห็นว่าเมื่อมีการใช้คำถามหรือยกตัวอย่างสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วถามคำถามในชั้นเรียน นักเรียนส่วนใหญ่จะตอบคำถามสั้น ๆ แต่ไม่มีคำอธิบาย ไม่มีการให้เหตุผลประกอบ ไม่มีการแสดงหลักฐานที่ทำให้คำตอบนั้นมีความน่าเชื่อถือ เช่น หากนำไปพลูต่างไปวางไว้กลางแดด จากนั้นนำมาสกัดคลอโรฟิลล์และทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน ส่วนประกอบใดของใบพลูต่างที่จะทำให้สารละลายไอโอดีนเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีม่วงแกมน้ำเงินเพราะเหตุใด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เลือกตอบส่วนของใบพลูต่างที่มีสีเขียว เพราะเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้ว่าจะส่งผลทำให้สารละลายไอโอดีนเกิดการเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขและพัฒนา ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์และพบว่าเนื้อหา เรื่อง พลังงานความร้อน มีลักษณะที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เพราะเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน และต้องใช้ความรู้ในการอธิบายความเป็นเหตุเป็นผลของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นลักษณะที่ผสมผสานระหว่างการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกาโต้แย้ง ซึ่งนักเรียนจะต้องทำการรวบรวมข้อมูล ข้อกล่าวอ้าง มาเชื่อมโยงเข้ากับหลักฐานเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และนำไปใช้ในการโต้แย้งกับผู้ที่มีความคิดเห็นแตกต่างออกไป จึงเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการหาความรู้ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ในงานวิจัยเลือกใช้กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน [5] ได้แก่ 1) การระบุภาระงาน 2) การสรรค์สร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง (Claim) การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง Evidence) และหลักฐาน (Evidence) 4) กิจกรรมการโต้แย้ง 5) การอภิปรายสะท้อนความคิด และ 6) การเขียนรายงานข้อโต้แย้งสุดท้าย

จากการตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ เพราะส่งเสริมให้นักเรียนใช้เหตุผลเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียนจากการสนับสนุนด้วยหลักฐานที่น่าเชื่อถือที่ถูกนำมากล่าวอ้างในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในงานวิจัยของ Kullawat Inthaud et al. [6] กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสะท้อนการให้เหตุผลของผู้อื่นผ่านการโต้แย้ง แต่ลักษณะคำถามควรใช้ประเด็นคำถามที่หลากหลาย กระตุ้นความคิดและความสนใจของนักเรียน เพื่อก่อให้เกิดการสืบค้นข้อมูล ทำให้นักเรียนโต้แย้งและอภิปรายได้ตรงประเด็น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pannaporn Junchaiyapoom [7] ที่กล่าวว่า นักเรียนไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นเนื่องจากบางครั้งไม่มั่นใจในข้อมูลของตนเอง ฉะนั้นจึงอาจเพิ่มเทคนิคอื่น ๆ

เพื่อให้ให้นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ โดยเลือกใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนของ Page Keeley [8] เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ต้องใช้ทักษะการสืบเสาะหาความรู้และส่งเสริมทักษะการโต้แย้ง โดยลักษณะของเทคนิคต่าง ๆ ของการประเมินระหว่างเรียนจะส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองและอภิปรายร่วมกับผู้อื่น เพื่อหาข้อสรุปแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งต้องผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ สืบเสาะหาความรู้ รวมถึงแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้โดยตรง เพราะการประเมินระหว่างเรียนเกิดขึ้นขณะกำลังเรียนรู้ ครูสามารถให้ข้อเสนอแนะต่อนักเรียนได้ทันที [9] และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการใช้เทคนิคต่าง ๆ ของการประเมินระหว่างเรียนจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแสดงความคิดเห็นและตรวจสอบความคิดเห็นของคนอื่น เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบหรือแนวคิดของตนเองทำให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ตลอดจนหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ

## 2. คำถามการวิจัย

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนสามารถพัฒนาให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่อย่างไร

2.2 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นอย่างไร

## 3. วัตถุประสงค์การวิจัย

3.1 เพื่อพัฒนาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน

3.2 เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

### 4.1 กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน ได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) จากห้องที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอน ผู้วิจัยได้อ้างอิงถึงนักเรียนรายบุคคลโดยใช้สัญลักษณ์ S ตามด้วยหมายเลข 01-29 เช่น S01 S02 เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อนักเรียนในภายหลัง ซึ่งเป็นไปตามหลักจริยธรรมในการวิจัยในมนุษย์

### 4.2 เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน มีลักษณะเป็นข้อเขียนบรรยาย วัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 4 รูปแบบ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลแบบอุปนัย การให้เหตุผลแบบสมมติฐาน และการให้เหตุผลแบบอธิบาย รูปแบบละ 4 ข้อ แบ่งเป็น 4 สถานการณ์ รวมจำนวน 16 ข้อ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง .67-1.00 มีค่าความเหมาะสมของแบบวัดอยู่ระหว่าง 3.67-5.00 และค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนอยู่ระหว่าง 4.00-5.00

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน จำนวน 4 แผน ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์และออกแบบเนื้อหาสาระการเรียนรู้ จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้และเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของกิจกรรมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ รวมถึงความถูกต้องของภาษาตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิและนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาบันทึกหลังการสอน ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและกำหนดหัวข้อในบันทึกหลังการสอน ได้แก่ เนื้อหา เวลา รูปแบบกิจกรรม และข้อเสนอแนะในการสอนครั้งต่อไป ใบกิจกรรม ผู้วิจัยวิเคราะห์รายละเอียดของเนื้อหา ออกแบบใบกิจกรรมให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิด ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง กำหนดหัวข้อในการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในแต่ละด้าน นำเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและภาษาที่ใช้ จากนั้นปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

### 4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน นักเรียนจะต้องทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 1 สถานการณ์ โดยมีทั้งหมด 4 สถานการณ์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการทำแบบวัดให้นักเรียนเข้าใจด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของแบบวัดและทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลในการหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในการหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้บันทึกหลังการสอน ใบกิจกรรม และอนุทินสะท้อนความคิด หลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ผู้วิจัยเขียนบันทึกหลังการสอนเพื่อสะท้อนสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนเทียบกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ ทั้งในด้านสิ่งที่ได้ปฏิบัติและสิ่งที่ไม่ได้ปฏิบัติตามแผน ผลการจัดการเรียนรู้ ข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้ และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล

### 4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

1) ผู้วิจัยนำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) และอ่านคำตอบของนักเรียนรายบุคคลทีละสถานการณ์เทียบกับเกณฑ์การจัดกลุ่มความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด และทำการจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ

2) ตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยใช้เทคนิคการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Method triangulation) โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และข้อมูลจากใบกิจกรรมมาตรวจสอบจนได้ความสอดคล้องกันทั้งหมด

3) ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

#### 4.4.2 การวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้

1) ผู้วิจัยนำข้อมูลจากบันทึกหลังการสอน ใบกิจกรรม และอนุทินสะท้อนความคิดมาวิเคราะห์แบบอุปนัย (inductive analysis) โดยอ่านใบกิจกรรมและอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนทุกคน เพื่อนำมาเขียนบันทึกหลังการสอน จากนั้นนำบันทึกหลังการสอนทั้ง 4 แผน มาพิจารณาความเหมือนร่วมกับระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2) หารูปแบบการสอนที่ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยทำการค้นหารูปแบบที่ปรากฏซ้ำ ๆ ของแนวทางการสอนที่มีความเชื่อมโยงในแผนการสอนทั้ง 4 วงจร ทำเช่นนี้จนกระทั่งได้มาซึ่งแนวปฏิบัติที่ดี (best practice)

3) จากนั้นผู้วิจัยตั้งชื่อแนวปฏิบัติที่ดีและเขียนคำบรรยายประกอบ ต่อมาทำการตรวจสอบความขัดแย้งของข้อค้นพบนี้กับข้อมูลดิบทั้งหมดที่มี เมื่อไม่พบความขัดแย้งระหว่างข้อค้นพบกับข้อมูลดิบ จึงนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอให้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์อีกครั้ง และทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ได้รับ จนกว่าจะได้มาซึ่งแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

### 5. สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 ความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย แต่ยังคงพบว่าการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบายได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง โดยการให้เหตุผลแบบอุปนัยมีนักเรียนที่มีความสามารถสูงในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มากที่สุดคือ 28 คน รองลงมาคือการให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลแบบอธิบายและการให้เหตุผลแบบสมมติฐานที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 จำนวน 23 คน 14 คน และ 13 คนตามลำดับ

อีกทั้งผลการวิจัยยังพบว่าหลังการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวยังคงมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบาย นักเรียนยังคงมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดิม

#### 5.2 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่มีการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และพบเจอในชีวิตประจำวันบ่อยครั้ง เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันและมีความน่าสนใจจะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการวิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อออกแบบแนวการสำรวจตรวจสอบ นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และตกผลึกทางความคิด สามารถแยกแยะความไม่สอดคล้องของข้อมูลเดิมกับข้อมูลใหม่ที่ได้จากการสำรวจ จะกระตุ้นให้นักเรียนได้ร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวภายในกลุ่มเพื่อนำมาสู่การอภิปรายการโต้แย้งระหว่างกลุ่มและข้อสรุปของห้องร่วมกัน ทำให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องซึ่งเป็นการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้

2) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่มีการเลือกใช้วัสดุในชีวิตประจำวันเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีวิธีการใช้ไม่ซับซ้อน จนเกินไปและการทดลองที่นักเรียนสามารถสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงได้จริงเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบหลักฐานด้วยตนเองโดยครู

ควรรอบแบบตารางที่ใช้บันทึกผลการทดลองให้นักเรียนอย่างชัดเจนเพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพและทำความเข้าใจในการทดลองจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง สามารถคาดคะเนคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ อย่างมีเหตุผล อีกทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลอง อภิปรายผลการทดลองเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวภายในกลุ่มก่อนที่จะมีการอภิปรายการโต้แย้งและหาข้อสรุปร่วมกันซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้

3) การเลือกใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายบุคคลก่อนที่จะเริ่มทำงานกลุ่มจะให้นักเรียนให้ความสนใจในข้อมูลเนื่องจากนักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเองก่อนที่จะร่วมกันสำรวจและรวบรวมข้อมูลกับเพื่อนในกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อมูลที่ครูได้จัดเตรียมไว้ให้ เมื่อได้ร่วมกันสำรวจและรวบรวมข้อมูลกับเพื่อนในกลุ่มนักเรียนจะสามารถให้เหตุผลโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือได้ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้

4) รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนทำให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และเลือกใช้หลักฐานประกอบการให้เหตุผลที่เหมาะสมได้เนื่องจากนักเรียนได้ทำการค้นพบหลักฐานด้วยตนเองก่อนที่จะนำข้อมูลจากการสืบเสาะนั้นไปใช้ในกิจกรรมการโต้แย้งซึ่งครูมีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดทบทวนเกี่ยวกับคำตอบของตนเองและทำการอภิปรายโต้แย้งกับความคิดเห็นของฝั่งตรงข้ามโดยใช้เหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือประกอบการอภิปรายโต้แย้งเพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธความคิดเห็นนั้นและหาข้อสรุปที่ถูกต้องร่วมกัน ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

## 6. การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า ในทุกองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถอยู่ในระดับสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการให้เหตุผลแบบอุปนัย มีนักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มากที่สุด คือ 28 คน รองลงมาคือ การให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบสมมติฐานที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 จำนวน 23 คน 14 คน และ 13 คน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนทั้ง 4 รูปแบบอยู่ในระดับปานกลาง ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนการให้เหตุผลแบบอุปนัยและการให้เหตุผลนิรนัยอยู่ในระดับสูง และได้คะแนนการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอุปนัยอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pattharawan Chaimongkol et al. [10] ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่ให้นักเรียนมีพัฒนาการในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นอาจเนื่องจาก

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่มีการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และพบเจอในชีวิตประจำวันบ่อยครั้ง เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันและมีความน่าสนใจจะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการวิเคราะห์สถานการณ์เกี่ยวกับการเกิดปรากฏฟิสิกส์ที่มีลักษณะคล้ายขนาดใหญ่ เกิดจากอิทธิฤทธิ์ของพญานาคจริงหรือไม่ และวิเคราะห์สถานการณ์จริงหรือหลอก มหัศจรรย์ใช่ต้ม ปอกเปลือกง่าย เมื่อแช่ในน้ำเย็น เพื่อออกแบบแนวการสำรวจตรวจสอบ นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล ทำให้เข้าใจในความคิดของตนเอง และตกผลึกทางความคิด สามารถแยกแยะความไม่สอดคล้องของข้อมูลเดิมกับข้อมูลใหม่ที่ได้จากการสำรวจ จะกระตุ้นให้นักเรียนได้ร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวภายในกลุ่มเพื่อนำมาสู่การอภิปรายการโต้แย้งระหว่างกลุ่มและหาข้อสรุปของห้องร่วมกัน ทำให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gerber et al. [11] ที่กล่าวว่า การส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ควรกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงการปฏิบัติในห้องเรียนกับชีวิตจริง โดยใช้บริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันหรือประเด็นที่เกิดขึ้นในสังคม เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์อื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้

2) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่มีการเลือกใช้วัสดุในชีวิตประจำวัน เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในห้องเรียน อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีวิธีการใช้ไม่ซับซ้อนจนเกินไป และการทดลองที่นักเรียนสามารถสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงได้จริง เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบหลักฐานด้วยตนเอง โดยครูควรออกแบบตารางที่ใช้บันทึกผลการทดลองให้นักเรียนอย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพและทำความเข้าใจในการทดลอง เช่น การทดลอง เรื่อง ความสามารถในการดูดกลืนของแสง ซึ่งนักเรียนจะต้องบันทึกค่าอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 3 อัน ที่ใช้กระดาษสีดำ สีน้ำเงิน และสีขาว พันม้วนรอบเทอร์มอมิเตอร์ โดยทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ระหว่างตำแหน่งของเทอร์มอมิเตอร์ในที่ร่มและกลางแจ้ง จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง สามารถคาดคะเนคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างมีเหตุผล อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวภายในกลุ่ม ก่อนที่จะมีการอภิปรายการโต้แย้ง และหาข้อสรุปร่วมกัน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบายได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson [12] ที่พบว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการทดลองหรือหาหลักฐานที่น่าเชื่อถือมายืนยันคำตอบ ดังนั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนในกลุ่มได้ช่วยกันทดลอง และรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการโต้แย้ง จะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

3) การเลือกใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่ทำให้ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายบุคคลก่อนที่จะเริ่มทำงานกลุ่ม จะทำให้นักเรียนให้ความสนใจในข้อมูล เนื่องจากนักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง ก่อนที่จะร่วมกันสำรวจและรวบรวมข้อมูลกับเพื่อนในกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อมูลที่ครูได้จัดเตรียมไว้ให้ เมื่อได้ร่วมกันสำรวจและรวบรวมข้อมูลกับเพื่อนในกลุ่ม นักเรียนจะสามารถให้เหตุผลโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือได้ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chulaluk Yimdee [13] ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์เปรียบเทียบ ลงข้อสรุปด้วยตนเอง ได้แลกเปลี่ยนความคิดและสร้างข้อสรุปร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม จะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และการที่นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายบุคคลก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่าประเด็นที่นักเรียนให้ความสนใจจะกระตุ้นให้นักเรียนมีการโต้แย้งอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งความคิดเห็นของแต่ละกลุ่มจะไม่มีถูกหรือผิด แต่ต้องอ้างอิงหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ทำให้นักเรียนต้องคิดหาเหตุผลมาใช้ในการโต้แย้งเพิ่มมากขึ้น นักเรียนจะกล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อน

4) รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนทำให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และเลือกใช้หลักฐานประกอบการให้เหตุผลที่เหมาะสมได้ เนื่องจากนักเรียนได้ทำการค้นพบหลักฐานด้วยตนเองก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะนั้นไปใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งครูมีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดทบทวนเกี่ยวกับคำตอบของตนเอง และทำการอภิปรายโต้แย้งกับความคิดเห็นของฝั่งตรงข้าม โดยใช้เหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือประกอบการอภิปรายโต้แย้ง เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธความคิดเห็นนั้นและหาข้อสรุปที่ถูกต้องร่วมกัน เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ซึ่งใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนการใช้ชุดคำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น (A&D Statement) เป็นเทคนิคที่กระตุ้นความคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในความคิดของตนเอง สามารถออกแบบแนวทางการสำรวจตรวจสอบพร้อมทั้งพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล และนักเรียนเกิดการตกผลึกทางความคิด การพิจารณามุมมองทางเลือกอื่น ๆ การปรับเปลี่ยนความคิดของตนเอง เมื่อข้อมูลเดิมถูกแทนที่ด้วย



ข้อมูลใหม่หรือเมื่อข้อมูลใหม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ความรู้และความเชื่อเดิมของนักเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ซึ่งใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนสิ่งที่ไม่เข้าพวก (ODD One Out) เป็นเทคนิคที่กระตุ้นทักษะการให้เหตุผล ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้มีโอกาสในการตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง คาดคะเนคำตอบจากกลุ่มคำที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผล และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกลุ่มคำเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่าง จากนั้นทำการตัดสินใจเลือกว่าคำใดไม่เข้าพวก โดยใช้ความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและการอภิปรายภายในชั้นเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ซึ่งใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนวงจรการสร้างข้อสรุป (Agreement Circles) เป็นเทคนิคที่กระตุ้นความคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนทราบนแนวความคิดเดิมของตนเอง และนำไปสู่การปรับเปลี่ยนแนวคิดใหม่ หลังจากที่ได้ทำการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการแก้ไขข้อขัดแย้งทางมโนคติที่เกิดขึ้น นำไปสู่การพัฒนาแนวคิดหลักอย่างเป็นทางการและทำให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดที่ชัดเจนขึ้น และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ซึ่งใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนการ์ตูนสรุปมโนทัศน์ (Concept Cartoons)

เป็นเทคนิคที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบแนวคิดของตนเอง และคาดคะเนคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผล โดยการนำเสนอคุณลักษณะของตัวการ์ตูนจากมุมมองที่ต่างกันจะกระตุ้นให้นักเรียนเห็นแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องตรวจสอบแนวคิดต่าง ๆ ที่นำเสนอในตัวการ์ตูนเพื่อนำมาสู่การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ โดยใช้ความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและการอภิปรายภายในชั้นเรียน ซึ่งจะสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sampson and Walker [14] ที่พบว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการสำรวจตรวจสอบ จากนั้นนำข้อมูลวิเคราะห์และสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่ออธิบายผลที่ได้ โดยผู้สอนคอยแนะนำแนวทางการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราว กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์และเหตุผลที่มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ ที่จะนำมาใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปได้ ในขั้นกิจกรรมการโต้แย้งจะเริ่มจากนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลหลักฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปของกลุ่มตนเอง พร้อมให้หลักฐานและเหตุผลที่ถูกต้อง สมเหตุสมผล และผู้สอนคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วม จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มอื่นที่มีข้อโต้แย้งที่ต่างกันออกความคิดเห็นเกี่ยวกับกลุ่มที่นำเสนอ ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาเกิดกระบวนการคิดที่ชัดเจนและกระชับ อีกทั้งการส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองและอภิปรายร่วมกับผู้อื่นเพื่อหาข้อสรุปแนวคิดที่ถูกต้อง จะต้องผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ สืบเสาะหาความรู้ รวมถึงแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น ซึ่งจะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้โดยตรง เพราะการประเมินระหว่างเรียนเกิดขึ้นขณะที่กำลังเรียนรู้ ครูจะสามารถให้ข้อเสนอแนะต่อนักเรียนได้ทันทีและการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการทำกิจกรรมร่วมกับการเก็บข้อมูลจากการทดลองในห้องเรียนพร้อมทั้งวิเคราะห์และทำให้เกิดการโต้แย้งระหว่างเรียนทำให้นักเรียนรู้จักข้อมูลและเลือกใช้หลักฐานมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของการใช้คำถามที่ใช้ในการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นคำถามที่เน้นการชักใช้ไต่เรียง (เพราะเหตุใด ทำไม อย่างไร) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของคำถามปลายเปิด ที่จะสามารถลวงความคิดของนักเรียนได้ในเชิงลึก โดยลักษณะคำถามดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการอภิปรายและส่งเสริมให้นักเรียนขยายความข้อกล่าวอ้างของตนเองได้อย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนเข้าใจมุมมองของคนอื่นดีขึ้น การใช้คำถามปลายเปิดแบบไต่เรียงลำดับจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างตรงจุด [15]

อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการประเมินระหว่างเรียน สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chayakarn Suanboon and Jeerawan Ketsing [16] ที่พบว่า การให้เหตุผลนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยมีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่เปิดกว้างให้ผู้วิจัยสามารถปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนและผลการประเมินระหว่างเรียนได้ จึงทำให้ได้มาซึ่งความสัมพันธ์ของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson [17] ที่พบว่า การแสดงออกซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยการให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นฐานก่อนเสมอ กล่าวคือ บุคคล

มีกระบวนการคิดนิรนัยมาก่อนเมื่อประสบกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตจริง บุคคลจะคาดการณ์ถึงผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าจากการมองความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นเหตุและเป็นผล จากนั้นจึงมีกระบวนการคิดแบบอุปนัยตามมา แต่ยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานหรือการให้เหตุผลแบบอธิบายได้ดีเท่าที่ควร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson [2] ที่พบว่า การให้เหตุผลแบบสมมติฐานจะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสังเกตพบปรากฏการณ์หรือปัญหาบางอย่างที่มีความน่าสนใจและพยายามหาคำตอบของปัญหานั้น โดยใช้ความรู้เดิมที่ตนเองมีอยู่ และสาเหตุดังกล่าวจึงส่งผลให้องค์ประกอบการสำรวจปรากฏการณ์มีการพัฒนาน้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนใช้ความรู้เดิมประเมินปรากฏการณ์ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะว่าข้อโต้แย้งจากสถานการณ์ตัวอย่างเป็นข้อโต้แย้งที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาอื่น อีกทั้งขั้นตอนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างข้อโต้แย้งที่สนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาองค์ประกอบด้านการสำรวจปรากฏการณ์คือ ชี้นำเสนอหรือระบุดูคำถามเพียงขั้นตอนเดียวและครูผู้สอนมีบทบาทในการนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดการสำรวจปรากฏการณ์เพียงฝ่ายเดียว จึงทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานน้อย และงานวิจัยของ Sampson and Schleigh [5] ที่พบว่า การจัดรูปแบบกิจกรรมการโต้แย้ง ครูควรแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ที่มีสมาชิก 3 คน ต่อกลุ่มเท่านั้น จึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดและสอดคล้องกับระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีค่อนข้างจำกัดในแต่ละครั้ง ทำให้นักเรียนไม่มีเวลาในการทำความเข้าใจรายละเอียดของข้อมูลที่มีอยู่อย่างหลากหลาย จึงอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายโดยใช้ความรู้หรือข้อมูลที่มีทั้งหมดเพื่อเชื่อมโยงไปยังคำตอบของคำถามสำคัญได้อย่างสมบูรณ์ เป็นผลทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในการให้เหตุผลแบบอธิบายน้อย

ผลการวิจัยยังพบว่า มีนักเรียนบางส่วนที่มีพัฒนาการในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย ซึ่งสังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียน โดยผู้วิจัยพบว่านักเรียนเหล่านี้ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม แต่มักจะทำหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกให้แก่เพื่อนภายในกลุ่ม เช่น การแจกใบกิจกรรม การจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลอง เป็นต้น ทำให้นักเรียนยังขาดความมั่นใจในความรู้และความคิดของตนเอง ทำให้ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเท่าที่ควร เนื่องจากอาจกลัวว่าความคิดของตนเองจะผิด โดยปัญหาเหล่านี้ อาจแก้ไขได้ด้วยการปรับวิธีการจัดกลุ่มในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานกับเพื่อนคนอย่างทั่วถึง ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนได้ทำหน้าที่ภายในกลุ่มที่หลากหลาย เสริมสร้างความมั่นใจให้กับนักเรียนยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาพัฒนาการของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์รายบุคคล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่นักเรียนบางคนไม่มีการพัฒนาในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะส่วนบุคคลที่ขึ้นอยู่กับแนวคิดและความสนใจของนักเรียน โดยความแตกต่างในการเรียนรู้ของนักเรียน เกิดจากกระบวนการในการรับรู้และการจัดกระทำข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ [18] คือ กระบวนการรับรู้ข้อมูลในการคิด วิเคราะห์ รวบรวม ตีความ และสรุปข้อมูลที่ได้ของแต่ละบุคคลมีรูปแบบที่แตกต่างกัน รวมทั้งบริบทและสภาพแวดล้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และระหว่างการทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก็อาจส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย เช่น หากนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม หรือภาระงานที่ต้องทำอย่างชัดเจน จะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบ กล้าแสดงความคิดเห็นมากขึ้น กระตุ้นให้เกิดการอภิปรายและโต้แย้งร่วมกัน อาจนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น

## 7. ข้อเสนอแนะ

### 7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) จากผลการวิจัยที่พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบายได้ดี

เท่าที่ควร ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนในอนาคตควรแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ที่มีสมาชิก 3 คนต่อกลุ่ม จะส่งผลทำให้การจัดการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพิ่มระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจในรายละเอียดของข้อมูล ทำให้นักเรียนไม่เกิดแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และสามารถสร้างคำอธิบาย โดยใช้ความรู้หรือข้อมูลที่มีทั้งหมดเพื่อเชื่อมโยงไปยังคำตอบได้ อีกทั้งควรจัดกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานและการให้เหตุผลแบบอธิบายของนักเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2) ในงานวิจัยครั้งนี้พบว่ามึนักเรียนบางส่วนที่มีพัฒนาการในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย ซึ่งสังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียน เช่น ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม แต่มักจะทำหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกให้แก่เพื่อนภายในกลุ่ม เช่น การแจกใบกิจกรรม การจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการที่ค่อนข้างน้อย ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนในอนาคตควรปรับวิธีการจัดกลุ่มในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานกับเพื่อนคนอื่นอย่างทั่วถึง ให้นักเรียนมีการกำหนดภาระหน้าที่กันภายในกลุ่ม โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มห้ามทำหน้าที่ซ้ำเดิมในแต่ละครั้งของการทำงานกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ให้นักเรียนได้ทำหน้าที่ภายในกลุ่มที่หลากหลาย เสริมสร้างความมั่นใจให้กับนักเรียน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้ใบกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของตนเองอย่างเต็มที่ แล้วจึงให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในตอนท้ายของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำผลการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาวิเคราะห์เป็นรายบุคคล เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถชี้วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ชัดเจน ผู้สอนอาจใช้วิธีการอื่น ๆ ในการตรวจสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อาทิ การบันทึกเสียงการสนทนาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ผู้สอนสามารถออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนรายบุคคลให้ดียิ่งขึ้น

## 7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยในครั้งนี้พบว่ามึนักเรียนบางส่วนที่มีพัฒนาการในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย เนื่องจากนักเรียนยังขาดความมั่นใจ ความรู้และความคิดของตนเอง ทำให้ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเท่าที่ควร ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรควรศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมภายในกลุ่มของนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความมั่นใจในความคิดเห็นของตนเอง กล้าเผชิญกับความผิดพลาดล้มเหลวในการแสดงความคิดเห็น เพื่อส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2) จากผลการวิจัยครั้งนี้ที่พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่มีพัฒนาการในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย ดังนั้นอาจนำไปสู่การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ช่วยพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต่อไป เนื่องจากทักษะเหล่านี้มีลักษณะร่วมกันบางประการคือ ต้องมีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือในการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sririnapa Kijkuakul. (2022). *Science Learning Management*. Phitsanulok: Naresuan University. (1<sup>st</sup> ed.) (In Thai)
- [2] Lawson. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and Discovery. *Science Education*. 94(2): 336-364.



- [3] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2016). *Summary of research results TIMSS 2015*. <http://timssthailand.ipst.ac.th/a/proj.ipst.ac.th/-timssthailand/timss/reports/TIMSS2015summary>. (In Thai)
- [4] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2022). “*Teachers of the new era towards competency-based learning management*” necessary things to have”. [https://www.ipst.ac.th/news/12598/teacher\\_ipst.html](https://www.ipst.ac.th/news/12598/teacher_ipst.html). (In Thai)
- [5] Samson, V., and Schleigh, S. (2013). *Scientific Argumentation in Biology: 30 Classroom Activities*. National Science Teacher Association: USA.
- [6] Kullawat Inthaud, Thitiya Bongkotphet & Sririnch Chindaruksa. (2019). Developing scientific reasoning using Argument Driven Inquiry instructional model in light and visual instrument topic for 11th grade students. *Journal of Education* 30(2): 128 – 141. (In Thai)
- [7] Pannaporn Junchaiyapoom. *The Effect of Argument-Driven Inquiry Learning Unit on Scientific Reasoning Abilities of Upper Secondary School Students*. Master of Science Education, Srinakharinwirot University. (In Thai)
- [8] Page Keeley. (2015). Science formative assessment. *Journal of A Joint Publication* 2(50): 27.
- [9] Sadler, D.R. 1989. Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science* 18(1): 19-144.
- [10] Pattharawan Chaimongkol Skonchai Chanunan and Jintana Klamtet. Development of Scientific Reasoning Ability in Stoichiometry Unit Using Argument-Driven Inquiry Instructional Model. *Journal of research unit on science, technology and environment for learning* 8(1): 27-40. (In Thai)
- [11] Gerber, B. L., Cavallo, A. M. L. & Marek, E. A. (2001). "Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability." *International Journal of Science Education*. 23(5): 535-549.
- [12] Lawson. (2010). *Teaching Inquiry Science in Middle and Secondary Schools*. California: SAGE Publications.
- [13] Chulaluk Yimdee. (2013). Effects of Instruction using Learning Stages of Basic Inferences on Scientific Reasoning Ability and Physics Learning Achievement of Upper Secondary School Students. *An Online Journal of Education*. 9(4): 309 – 323. (In Thai)
- [14] Samson, V., Grooms J., & Walker, J.P. (2010). Argument-Driven Inquiry as a way to help student learn how to participate in scientific argumentation and craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*. 95(2): 217-25
- [15] Newton, L.D. 2002. Questions that help children understand elementary science. *Investigating* 18(2): 6-9.
- [16] Chayakarn Suanboon & Jeerawan Ketsing. (2022). Tracking Grade 11 Students’ Learning Pathways of Scientific Reasoning Through Adaptive Instruction in Biology. *Journal Education of Naresuan University*. 24(1): 110 – 122. (In Thai)



- [17] Lawson. (2005). What Is the Role of Induction and Deduction in Reasoning and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*. 44(7): 716-740.
- [18] Kellough, R.D. & Roberts, P.L. (1994). *A resource guide for elementary school teaching*. New York: McGraw-Hill. (3<sup>rd</sup> ed.)