

Research Article

Development of Scientific Explanation Abilities on Simple Harmonic Motion Through Argument Driven-Inquiry Instruction Model of Grade 11 Students

Krissada Tongprapai*

M.S. (Science Teaching), Senior Professional Teacher

Division of Physics, Piriyalai School Phrae, Phrae Secondary Educational Service Area Office

Chanwit Kamcharean

Ph.D. (Applied Physics), Assistant Professor

Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

Sirinnicha Puchaariyakun

Ed.D. (Educational Research and Evaluation), Assistant Professor

Department of Technical Education, Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University

*Corresponding author: Krissada.t@piriyalai.ac.th

Received: December 13, 2024/ **Revised:** July 28, 2025/ **Accepted:** August 5, 2025

Abstract

The purpose of this research was to study the ability to generate scientific explanations on the topic of simple harmonic motion of Grade 11 students by using the Argument-Driven Inquiry instruction model (ADI). A mixed-method research design was employed with the sample group consisting of 30 Grade 11 students. The research tools were 1) lesson plans for 16 hours and 2) a subjective measure of the ability to generate scientific explanations. The data measurement scales were Cronbach's alpha coefficient (α – Coefficient) of 0.83, with difficulty levels ranging from 0.45 to 0.58 and discrimination indices ranging from 0.61 to 0.76, 3) Post-Lesson Report, 4) Students' reflective journals, and 5) Semi-structured interview. The statistics for data analysis were average, percentage, and normalized gain. A content analysis was employed to assess the ability to generate scientific explanations. The results of this study revealed that the students learning by the ADI instruction model had their ability to generate scientific explanations overall increased by 0.71. When examining individual components, students excelled the most in providing claims, followed by reasoning while the least emphasized component was evidence.

Keywords: Scientific Explanations, Argument–Driven Inquiry Model

บทความวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กฤษฎา ทองประไพ*

วท.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์), ครูชำนาญการพิเศษ
สาขาวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร่

ชาญวิทย์ คำเจริญ

ปร.ด.(ฟิสิกส์ประยุกต์), ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

สิรินธรนิชา ปัญจจริยะกุล

กศ.ด.(การวิจัยและประเมินผลการศึกษา), ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาเทคนิคการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

*ผู้ประสานงาน: Krissada.t@piriyalai.ac.th

วันรับบทความ: 13 ธันวาคม 2567/ วันแก้ไขบทความ: 28 กรกฎาคม 2568/ วันตอบรับบทความ: 5 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) ใช้วิธีวิจัยแบบผสมวิธี กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ ADI 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แบบวัดมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.45 – 0.58 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.61 – 0.76 3) บันทึกหลังแผน 4) อนุทินสะท้อนคิด 5) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิธี Normalized Gain <g> การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นรายชั้นเรียนเท่ากับ 0.71 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ High Gain และเมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบพบว่า นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีที่สุด รองลงมาคือ เหตุผล และน้อยที่สุด คือหลักฐาน

คำสำคัญ: คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

บทนำ

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) เป็นตัวบ่งชี้หนึ่งในสมรรถนะความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) ของการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติตามโครงการประเมินสมรรถนะนักเรียนตามมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment : PISA) จากผลการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ตั้งแต่ PISA 2000 จนถึง PISA 2022 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ถือว่าไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ และยังคงมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD โดยเฉพาะกลุ่มโรงเรียนของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา มีแนวโน้มไม่พัฒนา หากศึกษาเชิงลึกพบว่าระดับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย มีสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับ 2 (ร้อยละ 53) จาก 6 ระดับ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology : IPST, 2021) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ควรพัฒนา

การพัฒนาความสามารถของบุคคลในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นต้องมีหลักการที่สำคัญในการพัฒนา คือ ฝึกฝนให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาหลักฐานเชิงประจักษ์ และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2006; Gilmanishina, 2015) รวมทั้งการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ และมีคำอธิบายที่สมบูรณ์ได้ (Walker & Sampson, 2013; Grooms, 2020) จากประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนในรายวิชาฟิสิกส์มีปัญหาในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อาทิ เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนตอบข้อกล่าวอ้างเป็นข้อความสั้น ๆ และนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งไม่สามารถร้อยเรียงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้มีความน่าเชื่อถือได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srikulwong & Ladachart (2021) ที่พบว่านักเรียนไม่สามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้และไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลได้ นอกจากนี้ข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการพบว่า นักเรียนเข้าใจว่าหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ คือ การพิสูจน์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพียงเท่านั้น อีกทั้งผู้เรียนประสบปัญหาในการทำความเข้าใจเนื้อหา เนื่องจากลักษณะของเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมและมีความซับซ้อนสูง เช่น นักเรียนไม่สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ และมักเข้าใจว่าการเคลื่อนที่นี้เป็นรูปแบบหนึ่งของการเคลื่อนที่แบบวงกลม ที่เป็นเช่นนี้เพราะนักเรียนไม่เคยได้รับการสืบเสาะหาหลักฐานมาอธิบายการเคลื่อนที่ดังกล่าว จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายความแตกต่างของการเคลื่อนที่ได้ ปัญหาในชั้นเรียนดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยหลายท่านที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์มาเชื่อมโยงกัน เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นชินกับการคิดวิเคราะห์ ตีความข้อมูลและลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ (Chanto, Kitkueakul, & Sapu, 2020; Hemkaew, 2023; Sirithon & Chantharkhantee, 2019) นอกจากนี้ Yokyong & Pitipornthepin (2019) พบว่า นักเรียนไม่สามารถพิจารณาหลักฐานอย่างละเอียด และมักมองว่าหลักฐานและข้อสรุปคือสิ่งเดียวกัน นักเรียนมักใส่ความรู้สึกลงไปข้อสรุป นักเรียนไทยไม่สามารถใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ เพราะไม่ได้รับการฝึกฝนให้ทำเช่นนี้ให้ห้องเรียน

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบคาบ (Periodic Motion) เป็นหนึ่งในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่สร้างความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียน อันเนื่องมาจากธรรมชาติของตัววิชามีลักษณะเป็นนามธรรม การคำนวณ และสมการทางคณิตศาสตร์มีความซับซ้อนสูง หากนักเรียนไม่เข้าใจปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อความเข้าใจในปรากฏการณ์อื่น ๆ และส่งผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในระดับสูง จากประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ นักเรียนเพียงแค่แก้โจทย์ปัญหาผ่านการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ แต่ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแปร แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้เข้าใจปรากฏการณ์อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งมุมมองของนักเรียนต่อวิชาฟิสิกส์มองว่าเป็นวิชาที่แก้โจทย์ปัญหาล้ำยากกับวิชาคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามการศึกษาฟิสิกส์มีเป้าหมายที่แท้จริงคือ การอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างเป็นเหตุเป็นผล ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลจึงจะบรรลุเป้าหมายของวิชาฟิสิกส์อย่างแท้จริง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ผ่านการสร้างคำอธิบายด้วยตัวเอง เนื่องจากเป็นวิธีการเดียวกับการหาคำตอบของนักวิทยาศาสตร์ที่เน้นการปฏิบัติการเพื่อสืบเสาะหาความรู้ และในระหว่างการเรียนรู้ นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานหลักฐานที่น่าเชื่อถือ (Walker & Sampson, 2013; Grooms, 2020) นอกจากนี้รูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวยังส่งเสริมให้นักเรียนมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Novak & Treagust (2022) ที่พบว่า การสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนรู้จักหลักฐาน รวบรวมข้อมูล เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างได้ เพราะการโต้แย้งช่วยให้นักเรียนมีมุมมองที่หลากหลาย ร่วมกันวิพากษ์หลักฐานเพื่อให้หลักฐานที่น่าเชื่อถือ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายตรงกับคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Chantharkhantee, 2016; Grooms, 2020) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการสร้าง

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

วัตถุประสงค์การวิจัย

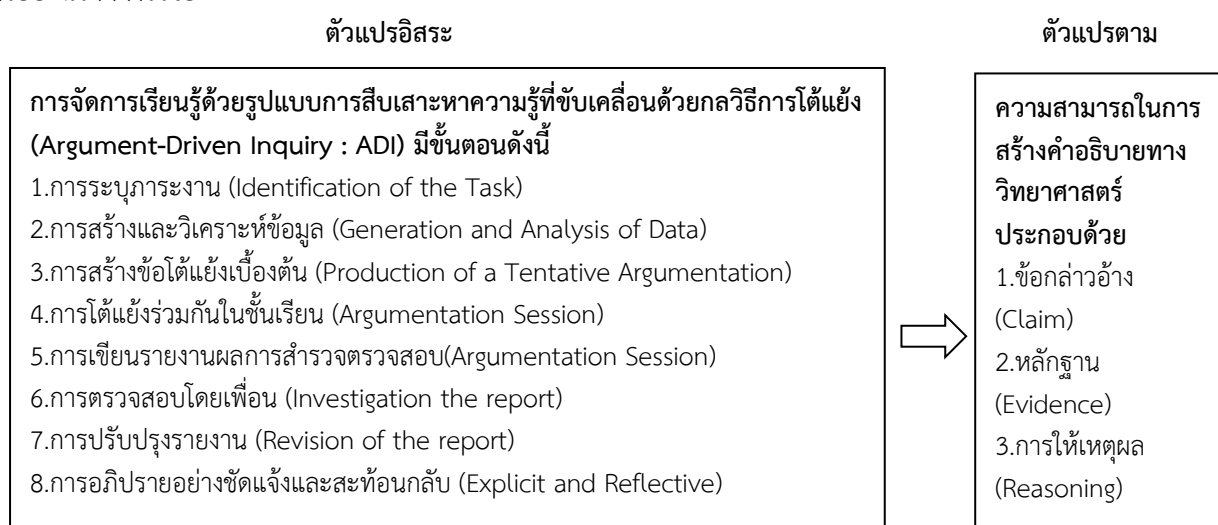
เพื่อศึกษาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย หลังจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ตามกรอบแนวคิดของ Grooms (2020) ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุภาระงาน 2. การสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3. การสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น 4. การโต้แย้งร่วมกันในชั้นเรียน 5. การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ 6. การตรวจสอบโดยเพื่อน 7. การปรับปรุงรายงาน 8. การอภิปรายอย่างชัดเจนและสะท้อนกลับ เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้กรอบแนวคิดของ Grooms (2020) เนื่องจากเป็นรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการโต้แย้ง โดยเฉพาะในขั้นที่ 7 และขั้นที่ 8 มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนคิดและแก้ไขคำอธิบายของตนเองได้ ส่วนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใช้กรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006) ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ที่มีการแยกองค์ประกอบได้อย่างชัดเจน ได้แก่ 1. ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อสรุปของคำตอบ 2. หลักฐาน คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการตีความเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3. การให้เหตุผล คือ การอธิบายเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกัน สามารถสรุปกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย

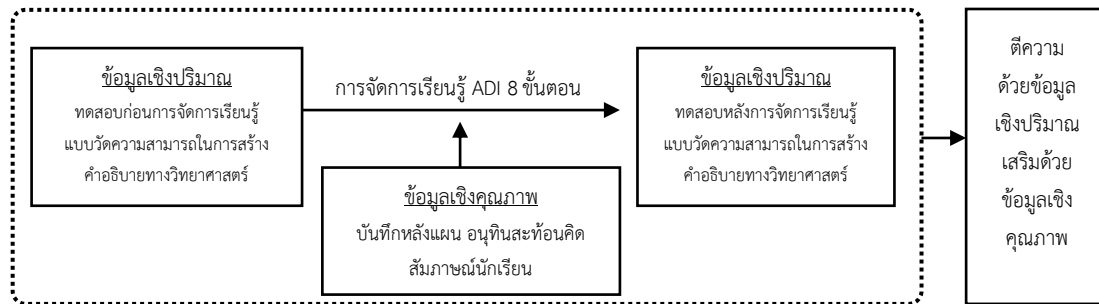


วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed – method Research) แบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) รูปแบบการทดลองระยะเดียวของ Cresswell (2013) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลัก และในระหว่างช่วงการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้สอดแทรกการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นตัวอย่าง และนำผลที่ได้ไปตีความสรุปผลดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2

แบบแผนการดำเนินงานวิจัยโดยใช้รูปแบบการศึกษาเชิงซ้อน (Embedded Design)



1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร่ ที่กำลังศึกษาแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 320 คน โดยแต่ละห้องมีเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ใกล้เคียงกัน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับฉลาก โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน แผนละ 4 คาบ รวม 16 คาบ โดยผ่านประเมินค่าความเที่ยงตรง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 มีความเหมาะสมของการนำไปใช้อยู่ระดับดีมาก โดยมีเนื้อหาครอบคลุมแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ดังตาราง 1

ตาราง 1

ลำดับแผน เนื้อหา ประเด็นการโต้แย้ง ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

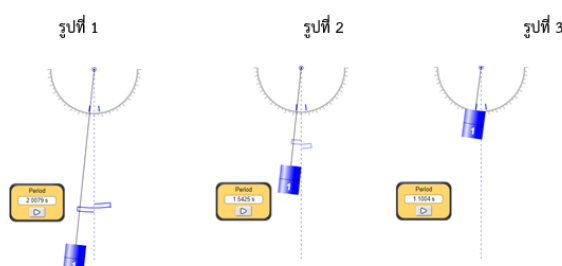
แผนที่	เรื่อง	ประเด็นการโต้แย้ง
1	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกลับกับระยะยืดของสปริง	ความสัมพันธ์ของระยะยืดกับกับแรงดึงกลับของสปริงเป็นอย่างไร
2	ลักษณะและปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (ตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง)	ตุ้กวัดสปริงมีการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายหรือไม่ และมีรูปแบบสมการการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร
3	การสั่นของมวลติดปลายสปริงในแนวดิ่ง	ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการสั่นของมวลติดปลายสปริง
4	การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย	ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เป็นแบบอัตนัยเขียนตอบอิสระ มีจำนวน 4 ข้อ ตัวอย่างดังภาพประกอบ 3 โดยแบบวัดมีค่าความสอดคล้องของคำตอบกับองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 1.00 และความเหมาะสมของคำตอบในแต่ละระดับคะแนน อยู่ระหว่าง 4.80 – 5.00 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.84 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.45–0.58 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.61–0.76

ภาพประกอบ 3

ข้อคำถามข้อ 2 ในแบบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

2. รูปภาพแสดงการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายขนาดของมวลเท่ากัน เส้นเชือกมวลเบาเหมือนกัน พร้อมทั้งคาบการแกว่ง ทำการแกว่ง 3 ลักษณะ ดังนี้



จากรูปภาพ นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้คาบการแกว่งของลูกตุ้มต่างกัน นักเรียนพิจารณาจากสิ่งใดพร้อมให้เหตุผลประกอบ

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ 1) บันทึกหลังแผน คือแบบบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนขณะจัดการเรียนรู้ 2) อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน คือ แบบบันทึกให้นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้และการสร้างคำอธิบายของนักเรียน 3) แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพได้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญคนเดียวกันกับการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 100 นาที จากนั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผน จำนวน 4 แผน รวมทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง

3.2 ในระหว่างที่จัดการเรียนรู้สังเกตพฤติกรรมนักเรียน บันทึกหลังแผน และให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนคิดทุกครั้ง หลังจบแต่ละแผน พร้อมทั้งสัมภาษณ์นักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เกี่ยวกับรูปแบบกิจกรรมและการสร้างคำอธิบายโดยเลือกสัมภาษณ์เป็นระยะ ๆ จนครบ 30 คน (จำนวน 6 กลุ่ม)

3.3 เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดิมอีกครั้ง ใช้เวลา 100 นาที

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ ดำเนินการเก็บข้อมูลจากแบบวัดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และครูผู้มิมีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน โดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียด และนำผลการวิเคราะห์มาจัดกลุ่มคำตอบเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับพอใช้ และระดับควรปรับปรุง ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังตาราง 2 จากนั้นทำการแปลงระดับคำตอบเป็นคะแนนเชิงปริมาณ นำไปหาความก้าวหน้าในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธี Normalized Gain โดยสามารถแบ่งระดับของค่า Normalized Gain ออกเป็นกลุ่มได้ 3 ระดับ ดังนี้

“High Gain”	เป็นนักเรียนที่ได้ค่า	$<g>$ มากกว่า 0.7
“Medium Gain”	เป็นเรียนที่ได้ค่า	$0.3 < <g> < 0.7$
“Low Gain”	เป็นเรียนที่ได้ค่า	$<g>$ น้อยกว่า 0.3

ตาราง 2

รายละเอียดเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ปรับจากแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2006)

องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			
	ระดับดีมาก (3 คะแนน)	ระดับดี (2 คะแนน)	ระดับปานกลาง (1 คะแนน)	ระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	ระบุข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนหรือไม่เป็นข้อสรุป	ระบุข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเงื่อนไขหรือเป็นคำอธิบาย / บรรยาย	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
หลักฐาน (Evidence)	ระบุหลักฐานอย่างน้อย 2 หลักฐาน และหลักฐานนั้นนั้นถูกต้องและครบถ้วนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยหลักฐานมาจากการตีความของข้อมูลทฤษฎีกราฟ และหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุหลักฐานอย่างน้อย 1-2 แต่มีหลักฐานเพียง 1 อย่าง ที่ถูกต้องและครบถ้วนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยหลักฐานมาจากการตีความของข้อมูล ทฤษฎีกราฟ และหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุหลักฐานอย่างน้อย 1 อย่าง และ/หรือหลักฐาน ไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือหลักฐานนั้นไม่ได้มาจากการตีความของข้อมูลทฤษฎีกราฟ หรือหลักฐานนั้นไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้	ไม่ระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หรือระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือระบุหลักฐานที่มีความคลาดเคลื่อน
การให้เหตุผล (Reasoning)	ระบุการให้เหตุผลอย่างน้อย 2 เหตุผล โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	ระบุการให้เหตุผลอย่างน้อย 2 เหตุผล แต่มี 1 เหตุผลเหตุผลที่ถูกต้อง	ระบุเหตุผลทางวิทยาศาสตร์จำนวน 1 เหตุผลและเหตุผลนั้นไม่	ไม่ระบุเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หรือระบุเหตุผลแต่เหตุผลนั้นไม่

องค์ประกอบ ของการสร้าง คำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			
	ระดับดีมาก (3 คะแนน)	ระดับดี (2 คะแนน)	ระดับปานกลาง (1 คะแนน)	ระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)
	มีความสอดคล้องกับ หลักฐานและสนับสนุนข้อ กล่าวอ้างได้สมบูรณ์	โดยใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์มีความ สอดคล้องกับหลักฐาน และสนับสนุนข้อกล่าว อ้างได้สมบูรณ์	ถูกต้องตามหลักการทาง วิทยาศาสตร์ และ/หรือไม่ มีความสอดคล้องกับ หลักฐานและสนับสนุนข้อ กล่าวอ้างได้ไม่สมบูรณ์	สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือเหตุผลนั้นมีความ คลาดเคลื่อน

4.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) และสรุปอุปนัยร่วมกับนักวิทยาศาสตร์
ศึกษา 1 ท่าน และครูผู้มีส่วนประกอบการสอนฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน

5. การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้คำนึงถึงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง ไม่มีการระบุชื่อแต่ใช้การลงรหัสแทนชื่อ กล่าวคือ S01 หมายถึง นักเรียน
คนที่ 1 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตต่อประธานคณะกรรมการประจำจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ได้รับการรับรองโดยมีหมายเลขการรับรอง คือ IRBCMRU 2023/349.20.11 ให้การรับรองตั้งแต่วันที่ 29 พฤศจิกายน 2566 หอมอายุ
ใบรับรองวันที่ 28 พฤศจิกายน 2567

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธี Normalized Gain <g> ราย
ชั้นเรียน แสดงข้อมูลดังตาราง 3

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

% Pre – test	% Post – test	Actual Gain	Maximum Possible Gain	Normalized Gain <g>
37.59	81.67	44.08	62.41	0.71

ผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในภาพรวมนักเรียน
มีความก้าวหน้าในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เท่ากับ 0.71 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ
High Gain หากพิจารณานักเรียนรายบุคคล ผู้วิจัยสามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ นักเรียนกลุ่ม High Gain และ
Medium Gain ผู้วิจัยพบว่านักเรียน จำนวน 21 คน อยู่ในระดับ High Gain ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบสืบเสาะหา
ความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนได้ ข้อมูลเชิงคุณภาพยืนยัน
ไปในทิศทางเดียวกันว่า การสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบาย
ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้เห็นมุมมองการคิด การอภิปรายของเพื่อนที่แตกต่างกัน ทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลมา
อธิบายสถานการณ์ และสร้างข้อสรุปได้ด้วยตัวเอง ดังหลักฐานต่อไปนี้ “การถกประเด็นร่วมกัน ทำให้หนูเข้าใจและได้ข้อสรุปค่ะ ได้รู้ว่า
คำอธิบายที่หลากหลาย เช่น แผนภาพแรง และเขียนสมการที่ใช้ค่ะ...” (อนุทิน S24) และจากการสังเกตการสอนยังพบว่า “การเขียน
คำอธิบายตามกรอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจะช่วยนำทางให้นักเรียนเขียนข้อสรุป หลักฐาน และเหตุผล ครบองค์ประกอบและตรงประเด็น
ทำให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในครั้งถัดไปได้ด้วยตนเอง ” (บันทึกหลังแผน 3) และพบว่า “การโต้แย้งทำให้เราได้
ข้อมูลเชิงลึกมากกว่าข้อมูลในหนังสือเรียน ทำให้เราเข้าใจเนื้อหาและสร้างคำอธิบายได้ดีค่ะ ” (สัมภาษณ์ S30)

นอกจากนี้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนจำนวน 9 คน มีความก้าวหน้าในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ
Medium Gain ได้แก่ นักเรียน S06 S07 S11 S14 S17 S21 S23 S25 และ S27 ผู้วิจัยพบข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิเคราะห์คำตอบ
ของนักเรียนกลุ่มนี้ พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception) ส่งผลให้การสร้างคำอธิบายไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยได้รวบรวม
จากบันทึกหลังแผน แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4

แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

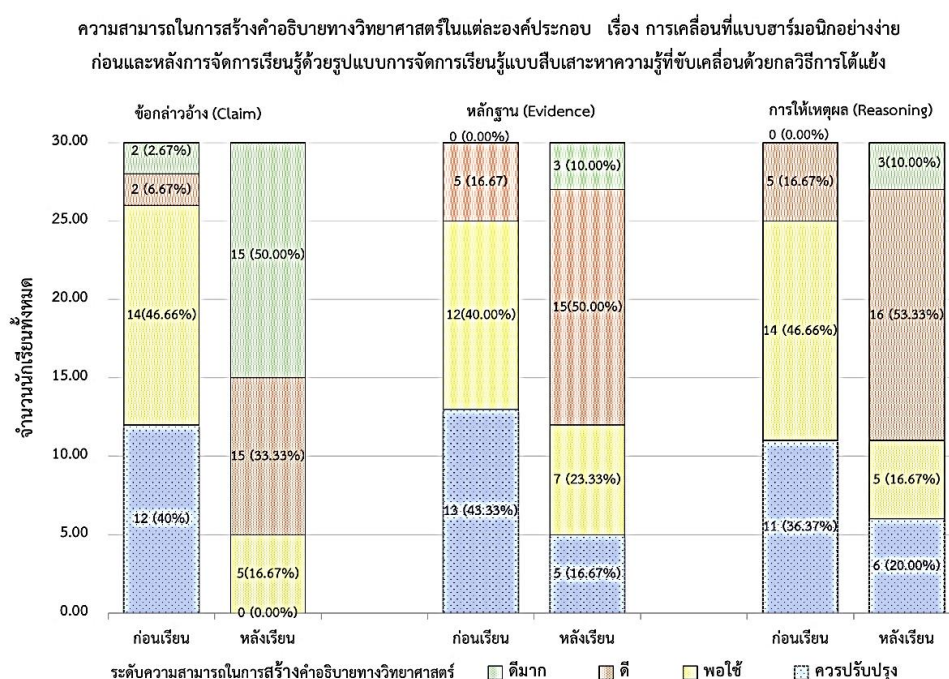
แผน	แนวคิด (Concept) ของนักวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน (Misconception)
1	แรงดึงกลับของสปริงแปรผันตรงกับระยะยืดของสปริงในทิศทางตรงข้ามกัน ดังสมการ $\vec{F} = -k\vec{x}$	1. แรงดึงกลับของสปริงและแรงภายนอก คือสิ่งเดียวกัน 2. แรงดึงกลับของสปริงมีทิศเดียวกับระยะยืด
2	การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เป็นการเคลื่อนที่ที่มีความคาบและความถี่ แอมพลิจูดคงที่ และตำแหน่งของอนุภาคเป็นฟังก์ชันไซน์ หรือฟังก์ชันโคไซน์ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับเฟสเริ่มต้นขณะปล่อยสปริง	1. สมการการกระจัดของอนุภาคกับเวลาเป็นฟังก์ชันไซน์เท่านั้น 2. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมีแอมพลิจูดที่ไม่คงที่
3	มวลและค่านิจของสปริงมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสปริง	มวลเป็นสิ่งที่เดียวที่มีผลต่อการสั่นของสปริง
4	มวลไม่มีผลต่อการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย แต่ความยาวเชือกมีผลต่อการแกว่ง ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของคาบกำลังสองแปรผันตรงกับ ความยาวเชือก	1. ความยาวเชือกของการแกว่งของลูกตุ้มไม่มีผลต่อคาบและความถี่ของการแกว่ง 2. คาบการแกว่งแปรผันตรงกับ ความยาวเชือก

อีกทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ยังพบว่าในช่วงแรกของการเรียน นักเรียนไม่เข้าใจองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาเป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบาย มีความยากของการเรียนรู้ ดังคำพูดต่อไปนี้ “ผมไม่เข้าใจหลักฐานและเหตุผลว่าจะเขียนเชื่อมโยงอย่างไร แต่ถ้าครูแยกเป็นประเด็นผมพอจะเขียนได้ครับ อีกอย่างผมต้องใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบายการเคลื่อนที่ ซึ่งผมมองว่าค่อนข้างเข้าใจยากครับ” (สัมภาษณ์นักเรียน S06) “ผมเข้าใจผิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ครับ เพราะต้องใช้ตรีโกณมิติที่เป็นฟังก์ชันคลื่น ผมไม่เก่งคณิตครับ แต่ช่วงที่ได้แย้งในชั้นเรียนผมเข้าใจจากเพื่อน ๆ ที่อธิบายครับ” (สัมภาษณ์ นักเรียน S14) “หนูสับสนหลักฐานกับเหตุผลค่ะ หนูมีแค่ผลการทดลอง แต่ไม่สามารถเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ค่ะ เพราะว่าหนูไม่เก่งคณิตศาสตร์ค่ะ” (อนุทิน S23)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบแยกองค์ประกอบ พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ทุกองค์ประกอบมีการพัฒนาการสูงขึ้น ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง



องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีพัฒนาการการสร้างข้อกล่าวอ้างในระดับดีมาก (ร้อยละ 50) รองลงมา คือ ระดับดี (ร้อยละ 33.33) และระดับพอใช้ (ร้อยละ 16.67) ตัวอย่างคำตอบนักเรียนดัง ตาราง 5 ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างของนักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ สอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่พบว่า การเขียนข้อกล่าวอ้างเป็นการสรุปผลของปรากฏการณ์สั้น ๆ กระชับได้ใจความ ซึ่งทำให้นักเรียนเขียนได้ง่าย ดังตัวอย่างหลักฐานต่อไปนี้ “การเขียนข้อกล่าวอ้าง หรือข้อสรุปง่ายกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ค่ะ” (สัมภาษณ์ S30) “ข้อกล่าวอ้าง เขียนง่ายสุดครับ เพราะเป็นการสรุปจากการทดลองของเรา หรือการสืบค้นครับ” (อนุทิน S19) “องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง คือข้อสรุปของคำตอบที่ตอบคำถามการได้แฉ่ง ง่ายกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ครับ” (อนุทิน S02)

ตาราง 5

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่นำมาวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์ที่กำหนด

คำถามข้อที่ 1 : นายอะตอมได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ศึกษาการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย ได้กราฟการทดลองทั้งหมด 4 แบบ หากนายอะตอมต้องการนำสปริงที่ศึกษาไปสร้างของเล่นสปริงเต้นระบำ โดยมีคุณสมบัติยืดหยุ่นสูง หรือยืดอัดได้ง่ายจะทำให้ตุ๊กตาสั่นได้ดีที่สุด นายอะตอมควรเลือกชนิดของสปริงใด นักเรียนพิจารณาจากสิ่งใดพร้อมให้เหตุผลประกอบ	
ระดับ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
ดีมาก	“นายอะตอมควรเลือก สปริงชนิด D...” (S13 หลังเรียน)
ดี	“อะตอมควรเลือกสปริงที่มีค่านิจสปริงน้อยสุด...” (S27 ก่อนเรียน)
พอใช้	“อะตอมเลือกสปริงใดก็ได้ขึ้นอยู่กับค่าคงที่ของสปริง...” (S17 ก่อนเรียน)
ควรปรับปรุง	ไม่ได้ระบุข้อกล่าวอ้าง (S07 ก่อนเรียน)

องค์ประกอบหลักฐาน พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีพัฒนาการการระบุหลักฐานในระดับดีมาก (ร้อยละ 50) รองลงมา คือ ระดับพอใช้ (ร้อยละ 23.33) ระดับควรปรับปรุง (ร้อยละ 16.67) และจำนวนนักเรียนน้อยสุดอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 10.00) ตัวอย่างคำตอบนักเรียนดัง ตาราง 6 ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าหลักฐานคือองค์ประกอบที่พัฒนาได้น้อยที่สุด สอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่พบว่า นักเรียนเข้าใจหลักฐานได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว และหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนมักเป็นหลักฐานการอธิบายมากกว่าหลักฐานจากรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งนักเรียนมักใช้ข้อมูลที่ไม่เกิดจากการตีความข้อมูลมาเป็นส่วนหนึ่งของหลักฐาน ทำให้หลักฐานไม่มีความน่าเชื่อถือ ดังอนุทินและการสัมภาษณ์ดังนี้ “หนูเข้าใจว่าหลักฐานนั้นมาจากการทดลองเท่านั้น ก็เลยเขียน 1 หลักฐานค่ะ” (สัมภาษณ์ S25) “ผมทดลองแล้วได้ข้อมูลเป็นตัวเลย ผมก็เลยนำตัวเลขนั้นไปสนับสนุนข้อสรุปครับ” (สัมภาษณ์ S19) “ผมมองว่าหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ยากที่สุด เพราะในฟิสิกส์มักเป็นหลักฐานแบบสมการความสัมพันธ์ของตัวแปร และเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ครับ” (อนุทิน S02)

ตาราง 6

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่นำมาวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์ที่กำหนด

คำถามข้อที่ 2 : รูปภาพแสดงการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายขนาดของมวลเท่ากัน เส้นเชือกมวลเบามาก พร้อมทั้งคาบการแกว่งทำการแกว่ง 3 ลักษณะ จากรูปภาพ นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้คาบการแกว่งของลูกตุ้มต่างกัน นักเรียนพิจารณาจากสิ่งใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ	
ระดับ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
ดีมาก	...สังเกตจากนาฬิกาจับเวลา โดยรูปที่ 3 มีคาบการแกว่งน้อยที่สุด เชือกจะสั้นที่สุด และรูปที่ 1 มีคาบการแกว่งมากที่สุด เชือกจะยาวที่สุด (หลักฐาน1) และไม่ขึ้นกับมวลตามทฤษฎี (หลักฐาน2) จากการพิจารณาสมการ นั่นคือแรงดึงดูดกลับของมวลถ่วง $F = -mg \sin \theta$ แรงดึงดูดกลับจะแปรผันโดยตรงกับระยะทาง การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา นั่นคือ การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาที่มีมุมน้อย ๆ ไม่เกิน 10 องศา จึงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย พิจารณาขนาดแรงดึงดูดกลับตามสมการดังนี้ ... (S18 หลังเรียน)
ดี	...แสดงหลักฐานตามทฤษฎีจะได้ความสัมพันธ์ของคาบการแกว่งกับความยาวเชือก คือ $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ (S20 หลังเรียน)
พอใช้	...สังเกตจากนาฬิกาจับเวลา โดยเชือกยาว จะใช้เวลามากกว่าเชือกสั้น... (S24 ก่อนเรียน)
ควรปรับปรุง	...เชือกที่ยาวจะแกว่งเร็วกว่าเชือกสั้น... (S19 ก่อนเรียน)

องค์ประกอบทำให้เหตุผล พบว่าหลังจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีพัฒนาการการให้เหตุผลในระดับดีมาก (ร้อยละ 53.33) รองลงมา คือ ระดับพอใช้ (ร้อยละ 20.00) ระดับดี (ร้อยละ 16.67) และน้อยสุดคือระดับดีมาก (ร้อยละ 10.00) ตัวอย่างคำตอบนักเรียนดังตาราง 7 ผู้วิจัยพบว่าการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการเรียบเรียงหลักฐานเชื่อมโยงไปยังข้อกล่าวอ้าง ต้องอาศัยทักษะการเขียนและการเชื่อมโยง ซึ่งข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่าในช่วงแรกนักเรียนไม่สามารถเขียนเชื่อมโยงได้ เนื่องจากไม่เคยเขียนเหตุผลอธิบายในลักษณะนี้มาก่อน เมื่อนักเรียนเขียนบ่อยขึ้นจะทำให้ให้นักเรียนเขียนได้อย่างคล่องแคล่ว อีกทั้งจำนวนหลักฐานที่ไม่เพียงพอก็จะทำให้นักเรียนเขียนเหตุผลไม่สมบูรณ์ ดังข้อความต่อไปนี้ “ผมไม่เคยเขียนอธิบายมาก่อน ในช่วงแรกผมเลยไม่รู้จะเริ่มต้นยังไงครับ เพราะเหตุผลเป็นการเชื่อมโยงผลการทดลองที่ได้ไปยืนยันข้อสรุป พอครูเริ่มให้เขียนบ่อยขึ้นผมก็สามารถเขียนได้ดีขึ้นครับ” (สัมภาษณ์ S15) “วันนี้กลุ่มผมเขียนหลักฐานจากการทดลอง และก็สืบค้นจากหนังสือเรียนเพื่อหาหลักฐานเพิ่ม ทำให้กลุ่มผมมีจำนวนหลักฐาน 2 ชนิด ทำให้ผมเชื่อมโยงได้ดีขึ้นและน่าเชื่อถือมากขึ้น” (อนุทิน S02)

ตาราง 7

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่น่ามาวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์ที่กำหนด

คำถามข้อที่ 4 : ในเทศกาลลอยกระทงประจำปี หากนักเรียนประดิษฐ์กระทงลอยน้ำ เคลื่อนที่ขึ้นลงแบบการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย มีแอมพลิจูด คาบ และความถี่เชิงมุม ถ้าที่เวลาเริ่มต้นกระทงอยู่ตำแหน่งต่ำสุด นักเรียนคิดว่าการกระจัด อัตราเร็วและความเร่งของกระทง ณ เวลาใดๆ เป็นอย่างไร นักเรียนพิจารณาได้จากสิ่งใดพร้อมให้เหตุผลประกอบ	
ระดับ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
ดีมาก	...เนื่องจาก ลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยที่แอมพลิจูดคงตัวตลอดเวลา (เหตุผล 1) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า ความถี่เชิงมุมและสมการการกระจัด ความเร็ว และความเร่ง มีลักษณะเป็นกราฟคลื่น (เหตุผล 2) จึงแสดงให้เห็นว่า การเคลื่อนที่มีของกระทงนี้เป็นลักษณะฟังก์ชันคลื่น ดังนี้... (S30 หลังเรียน)
ดี	...เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เพราะมีการเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำรอยเดิม... (S19 หลังเรียน)
พอใช้	...อาจเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบคาบ... (S07 ก่อนเรียน)
ควรปรับปรุง	...เพราะว่ามีการเคลื่อนที่สั้นขึ้นลงไปมา... (S28 หลังเรียน)

อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของนักเรียนทั้งชั้นสูงขึ้น โดยพิจารณาจากระดับ Normalized Gain จัดอยู่ในระดับ High Gain ที่เป็นเช่นนี้เพราะวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างคำอธิบายให้สมบูรณ์ขึ้น ประเมินหลักฐานผ่านกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ทำให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตรงกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Walker & Sampson, (2013); Grooms (2020) พบว่าการพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นนั้นเป็นเพราะการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการโต้แย้งเพื่อค้นหาหลักฐานและให้เหตุผลในการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกันกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ Saranburut & Khochon (2023) ที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 หลังจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง เนื่องจากการโต้แย้งช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์อย่างลึกซึ้งผ่านกระบวนการอภิปรายกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยมีการใช้กรอบการเขียนสำหรับนักเรียนที่ไม่คุ้นเคย จะช่วยนำทางให้นักเรียนเขียนคำอธิบายได้ครบทุกองค์ประกอบ เพราะการเขียนคือรูปแบบการสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Walker & Sampson (2013) พบว่าการโต้แย้งช่วยส่งเสริมการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการใช้กรอบการเขียนอย่างชัดเจนจะทำให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ในทำนองเดียวกับ Pongpaopong et al. (2022) พบว่ากรอบการเขียนจะช่วยให้นักเรียนทราบถึงองค์ประกอบของคำอธิบาย ส่งผลให้นักเรียนสร้างคำอธิบายได้สมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ขอค้นเพิ่มเติมว่ากิจกรรมในชั้นเรียนครูควรอธิบายองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายอย่างชัดเจนให้กับนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมทุกครั้ง เช่น ข้อกล่าวอ้างของนักเรียนคืออะไร หลักฐานมีอะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น หลักฐานสอดคล้องกันอย่างไร รวมถึงใช้แผนผังเชื่อมโยงหลักฐาน และควรให้นักเรียนทุกคนนำเสนอคำอธิบายของตนเองผ่านกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน การจัดกิจกรรมเช่นนี้จะชี้ให้เห็นถึงจุดแข็ง ข้อควรปรับปรุง จะช่วยพัฒนาข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผลของนักเรียนรายบุคคลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Walker & Sampson (2013); Grooms (2020); Novak & Treagust (2022) พบว่ารูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพราะการโต้แย้งในชั้นเรียนจะช่วยยืนยันความถูกต้องของข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผล

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลอยู่ในระดับพอใช้ทุกองค์ประกอบ หลังจากจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้อยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 50.00) เป็นเพราะการระบุข้อกล่าวอ้างเป็นข้อสรุปที่เขียนได้ง่ายกว่าองค์ประกอบอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srikulwong & Ladachart (2021) พบว่าการระบุข้อกล่าวอ้าง คือ การสร้างข้อสรุปเป็นสิ่งที่นักเรียนเข้าใจได้ง่าย และไม่มี ความซับซ้อน องค์ประกอบที่พัฒนาได้รองลงมาคือการให้เหตุผลอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 53.33) ผู้วิจัยพบว่า เป็นองค์ประกอบที่ใช้ทักษะการเขียนสื่อความที่เชื่อมโยงหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นเนื่องจากมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนช่วยให้นักเรียนได้ข้อมูลเพิ่มเติม ทำให้การเขียนแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้สมบูรณ์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Novak & Treagust (2022) ที่พบว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการโต้แย้ง จะช่วยให้นักเรียนเขียนคำอธิบายตามจำนวนหลักฐานที่ได้และเชื่อมโยงเป็นเหตุผลสนับสนุนได้ดีขึ้น อีกทั้งพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เชิงลึกได้อีกด้วย ส่วนองค์ประกอบที่พัฒนาได้น้อยที่สุด คือ หลักฐาน ผู้วิจัยพบว่าหลักฐานที่ได้นั้นต้องเกิดจากการตีความของข้อมูลและเป็นหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือผ่านการตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นองค์ประกอบที่ยากในการพัฒนา แต่อย่างไรก็ตามหลังการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการระบุหลักฐานอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50.00) แสดงให้เห็นว่ารูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก็ยังสามารถพัฒนาองค์ประกอบของหลักฐานได้ เพราะในกิจกรรมมีการส่งเสริมการทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมพลัง ให้นักเรียนทุกคนมีบทบาทหน้าที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความของข้อมูล มีการตรวจสอบโดยเพื่อน การให้ข้อมูลย้อนกลับ ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จุดที่ควรปรับปรุง อีกทั้งได้เห็นแนวทางการเขียนของเพื่อน ๆ นำมาพัฒนาการเขียนของตนเองให้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lertdechapat & Promrat (2016) กล่าวว่า การสืบเสาะแบบร่วมมือร่วมพลังช่วยส่งเสริมการค้นหาหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น เพราะทุกคนจะช่วยกันหาข้อมูลการใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย จะช่วยให้นักเรียนมีหลักฐานยืนยันข้อสรุปของตนเองและช่วยยืนยันข้อสรุปของตนเองมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 กิจกรรมการโต้แย้ง ควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็น ผู้วิจัยค้นพบว่าในช่วงแรกนักเรียนจะไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเนื่องจากไม่มีความมั่นใจในข้อมูลของตนเอง ดังนั้นครูควรเพิ่มช่องทางการสื่อสารที่หลากหลายให้กับนักเรียน

1.2 ระหว่างการจัดกิจกรรมผู้วิจัยพบแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน (Misconception) ดังนั้นครูควรอธิบายเพิ่มเติมหรือขยายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 นักเรียนมีความสามารถในการระบุหลักฐานน้อยที่สุด รองลงมาคือ การให้เหตุผล ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการพัฒนาการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

References

- Chantharkhantee, E. (2016). Instruction for promoting argumentation skill in science classroom. *Journal of Yala Rajabhat University*, 11(1), 217 – 232. [in Thai]
- Chanto, N., Kitkueakul, S., & Sapu, S. (2020). The development of the instruction argumentation using forensic science issue for promoting the scientific explanation ability of grade 10 students on human homeostasis. *Journal of Education Naresuan University*, 27(1), 176 – 187. [in Thai]
- Creswell, J.W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach*. (2nd ed.). Sage publication.
- Gilmanshina, S.I. (2015). The feature of scientific explanation in the teaching of chemistry in the environment of new information of school students' developmental education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(4), 349-358.
- Grooms, J. (2020). A comparison of argument quality and students' conceptions of data and evidence for undergraduates experiencing two types of laboratory instruction. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2057 – 2064.

- Hemkaew, S. (2023). The effects of science instruction using the argument – driven inquiry model on science learning achievement and learning retention of 9th grade student. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 34(2), 126-136. [in Thai]
- Lertdechapat, K. & Promrat, P. L. (2016). Effects of collaborative inquiry on ability in the scientific explanation making of lower secondary school students. *Journal of Education Studies.*, 46(2), 1–20. [in Thai]
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2006). Supporting students’ construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191.
- Novak, A. M., & Treagust, D. F. (2022). Supporting the development of scientific understanding when constructing an evolving explanation. *Novak and Treagust Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(1), 1–22.
- Pongpaopong, D., Thammapruteep, C. & Jindanurak, T. (2022). The development of scientific explanation ability and learning achievement using model-based learning in the topic of phenomena and global changes of prathom sukka VI students at Wat Samnakhok School Chonburi province. *Journal of Kasetsart Educational Review*, 37(3), 72-88. [in Thai]
- Saranburut, R., & Khochon, K. (2023). Learning activity based argument-driven inquiry to enhance the scientific explanation ability and learning achievement on acid-base of Mathayomsuksa 5 Students. *Rajabhat Maha Sarakham University Journal*, 17(1), 24–33. [in Thai]
- Sirithon, N., & Chantharkhantee, E. (2019). Implementing argument-driven inquiry approach for developing grade 10th students’ ability in making scientific explanation in the topic of force, mass, and law of motion. *Silpakorn University Journal*, 39(1), 130–141. [in Thai]
- Srikulwong, S., & Ladachart, L. (2021). Using model and scientific explanation of eighth grade students. *Journal of Inclusive and Innovative Education*, 5(1), 12-27. [in Thai]
- The Institute for the promotion of teaching science and technology: IPST. (2021). *PISA 2018 Assessment Results: Reading, Mathematics and Science*. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- Walker, J. P., & Sampson, V. E. (2013). Argument – driven inquiry: using the laboratory to improve undergraduates’ science writing skills through meaningful science writing, peer – review, and revision. *Journal of Chemical Education*, 90(10), 1269–1274.
- Yokyong, S., & Pitipornthepin, S. (2019). Development of grade–10 students’ argumentation skills through science, technology, engineering and mathematics (STEM) education by 6E learning cycle in topic of mission of environmental conservation. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 10(2), 183–200. [in Thai]