วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2566

ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

EFFECT OF INQUIRY BASED LEARNING INTEGRATED ARGUMENTATION ACTIVITIES TO ENHANCE SCIENTIFIC EXPLANATION AND SCIENCE PROCESS SKILLS

จิตวิกา สมใจ[1] กุลธิดา นุกูลธรรม[2*] และนันทรัตน์ เครืออินทร์[3]
Jitwika Somjai[1] Kulthida Nugultham[2*] and Nantarat Kruea-In[3]

[1] หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[2,3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[1] Ph.D Student in Science Education, Faculty of Education and Development Sciences, Kasetsart University, Kampangsean Campus
[2,3] Science Education, Faculty of Education and Development Sciences, Kasetsart University, Kampangsean Campus
E-mail: Jitwaka.s@ku.th

Received: January 31, 2023
Revised: April 10, 2023
Accepted: April 30, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง และ 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 26 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง รูปแบบของการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน จำนวน 5 กิจกรรม รวม 15 ชั่วโมง 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบคำถามปลายเปิด จำนวน 5 ข้อ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง พลังงานความร้อน แต่ละข้อจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล แต่ละองค์ประกอบแบ่งระดับคำตอบเป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้ และปรับปรุง 3) แบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที และวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนในภาพรวมโดยการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักจากนั้นทำการแบ่งอันตรภาคชั้นตามหลักการทางสถิติ 3 ระดับ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับดี (1.75 คะแนน) 2) นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ

กิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) compare the ability to scientific explanations between before and after learning by inquiry-based learning integrated argumentation activities, and 2) compare science process skills between before and after learning by inquiry-based learning integrated argumentation activities. The target group was 26 seventh-grade students in the second semester of the 2021 academic year, selected using purposive sampling. The research design was a one-group pretest-posttest. The instruments were included: 1) the learning activities in unit 5: thermal energy using inquiry-based learning integrated argumentation for 15 hours, 2) a scientific explanation ability test with five open-ended questions covering the concept of thermal energy. Each item was divided into 3 parts according to scientific explanation elements namely claim, evidence, and reasoning. The elements were divided into three levels of the answer: good, fair, and improving, and 3) a science process skills test with 30 multiple-choice items. The collected data were analyzed by using means, standard deviation, t-test, and the total students' scientific explanation ability was weighted by mean score and grouped the data into 3 class intervals (Full score=2).

The research findings were as follow: 1) Students who learned by inquiry-based learning integrated argumentation activities had the posttest means score of scientific explanation abilities higher than the pretest significantly at the .05 level and students had scientific explanation ability in good level (1.75 scores). And 2) students who learned by inquiry-based learning integrated argumentation activities had the posttest means score of science process skills higher than the pretest significantly at the .05 level.

Keywords

Inquiry Based Learning Integrated Argumentation Activities, Scientific Explanation, Science Process Skills

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมไทยก้าวเข้าสู่สังคมในศตวรรษที่ 21 มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว สำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีเป้าหมายให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (Ministry of Education, 2017) ดังนั้น ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) จึงถูกกำหนดเป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ และนำมาสู่การปฏิรูปการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะและคุณลักษณะเพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าว

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ซึ่งเป็นการประเมินความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment : PISA) ได้ประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ด้าน ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) 3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret Data and Evidence Scientifically) (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017) จากการจัดการเรียนรู้และทดสอบเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจากผลการประเมินของโครงการ PISA ปี 2018 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) เช่นเดียวกันกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education: O-Net) พบว่าในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรุงเทพมหานคร มีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 เมื่อทำการวิเคราะห์ตามสาระการเรียนรู้พบว่า ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ซึ่งเป็นมาตรฐานความเข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลาย ความหมายของพลังงานการเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งนักเรียนจะต้องอาศัยข้อมูล หลักฐานจากการทดลองหรือการสังเกตในการสรุปผลและให้คำอธิบายได้ด้วยตนเองจากบริบทหรือตัวอย่างที่พบ ณ สิ่งแวดล้อมรอบตัว ดังนั้นการ

จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและวิธีการสอน ครูผู้สอนต้องสร้างบรรยากาศการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวิพากษ์ข้อสรุปหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐาน ซึ่งจะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดกระบวนการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Chamrat, 2017)

การจัดการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนจะตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์และใช้ทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อสืบเสาะหาความรู้ สำรวจทดลอง ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ ตอบคำถามหรือ สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมถึงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ (Chamrat, 2017) และอีกกระบวนการหนึ่งที่ได้มีการศึกษาวิจัยและมีเป้าหมายเด่นชัดเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และปลูกฝังความมีเหตุผล คือ การโต้แย้ง (argumentation) เนื่องจากการโต้แย้งได้รับการยอมรับว่าเป็นกระบวนการหลักที่ใช้ในการสร้างความรู้และเป็นการคิด การปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสร้างความรู้ในรูปแบบของการสร้างคำอธิบายเพื่อทำความเข้าใจในข้อมูล ให้เหตุผลอธิบายข้อกล่าวอ้างที่เป็นความรู้ ความเชื่อ รวมถึงการกระทำต่าง ๆ ที่นำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติ และนำเสนอต่อสังคมเพื่อการวิพากษ์วิจารณ์ การโต้แย้ง และการปรับปรุงแก้ไข การโต้แย้งจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อโน้มน้าวให้ผู้อื่นเชื่อถือ (Sampson and Clark, 2009) Osborne, Erduran and Simon (2004) กล่าวว่า“การโต้แย้งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยมีหลัก 2 ประการ คือ 1) กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการเข้าสู่เป้าหมายของทฤษฎีความรู้และมโนทัศน์ และ 2) ช่วยให้การคิดและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีความชัดเจนมากขึ้น” จากแนวคิดข้างต้น การสอนแบบสืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง จึงเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาการสร้างองค์ความรู้ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และยังช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียน ที่เป็นสมาชิกกลุ่มมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ฝึกคิด ออกแบบ ตั้งคำถาม กำหนดตัวแปร และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีการสะท้อนความคิดเห็นและอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างนักเรียนด้วยกัน ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับข้อสรุป ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และนำความรู้มาสร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไปได้

ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งมาพัฒนาและส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ซึ่งจะช่วยนักเรียนได้คิดพิจารณาในการใช้ข้อมูล และหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากปรากฏการณ์ที่ศึกษาในชั้นเรียนในการเขียนอธิบายและลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ และวิธีการนำหลักฐานมาใช้ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน เป็นการวิจัยก่อนมีแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Pre experiment research) รูปแบบที่ใช้วิจัย คือ แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลัง (One-group pretest-posttest design) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัดกรุงเทพมหานคร โดยมีจำนวนนักเรียนรวม 26 คน เป็นนักเรียนหญิง 11 คน และนักเรียนชาย 15 คน เป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) การเลือกกลุ่มที่ศึกษาจะเป็นการพิจารณาโดยใช้ห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสมัครใจในการเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย และมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย กล่าวคือ จากผลการประเมินการเรียนรู้โดยสถานศึกษา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest-posttest design)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 กิจกรรม ครอบคลุมหัวข้อการเรียนได้แก่ 1) แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ 2) ความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสาร 3) ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร 4) ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร และ 5) การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน โดยใช้เวลาในการสอนกิจกรรมละ 3 ชั่วโมง รวมเวลาสอนทั้งหมด 15 ชั่วโมง โดยในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอน ดังตัวอย่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิม เป็นการศึกษาความรู้เดิมของผู้เรียน ในเรื่องหรือในแนวคิดที่กำลังจะเรียน เพื่อให้ครูผู้สอนรู้ถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 สร้างความสนใจและระบุคำถาม เป็นขั้นที่ครูผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การดำเนินกิจกรรมเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ โดยจัดกิจกรรมสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น ตั้งคำถามโดยการสาธิตการทดลอง นำเสนอข้อมูล ข่าวเหตุการณ์ที่น่าสงสัย

ขั้นตอนที่ 3 สำรวจ เก็บรวบรวมหลักฐาน และวิเคราะห์ข้อมูล นักเรียนได้ค้นหาคำตอบของสิ่งที่สนใจ สงสัย ตั้งสมมติฐานทดลอง สืบค้นข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน โดยจัดสถานการณ์ แนะนำ เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้พบข้อมูลเชิงประจักษ์ที่จะนำมาใช้ตอบคำถามที่สงสัย ในขั้นนี้นักเรียนยังได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

ขั้นตอนที่ 4 อธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจโดยการอธิบายเกี่ยวกับผลที่ได้จากกิจกรรมในขั้นตอนที่ 3 โดยครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นและนำทางให้นักเรียนใช้ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ ความคิดเชิงตรรกะนำมาเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ค้นพบจากการสืบเสาะเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสรุปได้เป็นคำตอบ รวมทั้งเปรียบเทียบกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 5 สื่อสารคำอธิบายไปยังผู้อื่นอย่างมีเหตุผล เป็นการให้โอกาสผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่ได้กับสถานการณ์ใหม่ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกใช้สิ่งที่ตนเองเรียนรู้มาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยครูยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่

ขั้นตอนที่ 6 ประเมินผล เป็นการตรวจสอบความเข้าใจและประเมินพัฒนาการของผู้เรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเองอย่างต่อเนื่อง

2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended question) จำนวน 5 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาในหน่วยที่ 5 พลังงานความร้อนเมื่อสอนจบเนื้อหาแต่ละเรื่อง ผู้วิจัยจะให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตรงกับเนื้อหาที่เรียนนั้น จำนวน 1 ข้อ โดยก่อนนำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.67-1.00 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่าย (p) และค่าดัชนีอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ข้อสอบมีดัชนีความยากง่ายระหว่าง 0.47 - 0.54 มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระหว่าง 0.14 - 0.27 และหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Cronbach's α) เท่ากับ 0.937

2.3 แบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ก่อนนำแบบวัดไปใช้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.67-1.00 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่าย (p) และค่าดัชนีอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ข้อสอบมีดัชนีความยากง่ายระหว่าง 0.23 - 0.62 มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระหว่าง 0.42 - 0.51 และหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตรการหาด้วยสูตรของ Kuder-Richardson (KR-20) เท่ากับ 0.910

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเชิงเนื้อหาในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนรายข้ออย่างละเอียด โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาจากเกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) โดยแบ่งเกณฑ์แปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ มีคะแนนเต็ม 2 คะแนน ได้แก่ ระดับดี (2 คะแนน) ผู้เรียนสามารถเขียนข้อกล่าวอ้าง แสดงหลักฐาน และให้เหตุผลได้ถูกต้องเหมาะสมและเพียงพอ ระดับพอใช้ (1 คะแนน) ผู้เรียนสามารถเขียนบางข้อกล่าวอ้างถูกต้องหรือถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ และให้เหตุผลเชื่อมโยงแต่มีการใช้หลักฐานซ้ำ หรือมีการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้างแต่ไม่เพียงพอ และระดับปรับปรุง (0 คะแนน) ผู้เรียนไม่สามารถเขียนข้อกล่าวอ้าง แสดงหลักฐาน และให้เหตุผลได้ถูกต้องเหมาะสมและเพียงพอ จากนั้นทำการจำแนกคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละเนื้อหาก่อนและหลังเรียนแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (T-test Dependent Samples) และทำการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม โดยหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักและทำการแบ่งอันตรภาคชั้นตามหลักการทางสถิติเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดี (2.00 – 1.40 คะแนน) ระดับพอใช้ (1.39 – 0.70 คะแนน) และระดับปรับปรุง (0.69 – 0.00 คะแนน)

3.2 เปรียบเทียบผลคะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (T-test Dependent Samples)

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ก่อนและหลังเรียน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง ก่อนและหลังเรียน

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	t	Sig.*
ก่อนเรียน	30	7.81	3.39		
หลังเรียน	30	22.23	2.88	22.53	.000

*Sig. < 0.05

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม

เนื้อหา	คะแนน (2 คะแนน)						คะแนนรวมเฉลี่ย	
	ข้อกล่าวอ้าง		หลักฐาน		การให้เหตุผล			
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ	0.54	2	0.04	1.65	0.00	1.57	**0.19**	**1.74**
ความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสาร	0.69	2	0.15	1.76	0.04	1.69	**0.29**	**1.82**
ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร	0.00	2	0.00	1.65	0.00	1.50	**0.00**	**1.72**
ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร	0.69	1.76	0.19	1.50	0.08	1.42	**0.32**	**1.56**
การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน	0.85	2	0.15	1.73	0.00	1.61	**0.33**	**1.78**
คะแนนรวมเฉลี่ย	**0.55**	**1.95**	**0.11**	**1.65**	**0.02**	**1.55**	**0.23**	**1.72**

จากตารางที่ 2 พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละองค์ประกอบหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งในภาพรวมอยู่ในระดับดี คือ 1.72 คะแนน นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบอยู่ในระดับดี โดยนักเรียนมีความสามารถในการเขียนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด คือ 1.95 คะแนน รองลงมาคือการแสดงหลักฐาน คือ 1.65 คะแนน และการให้เหตุผล คือ 1.55 คะแนน ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ก่อนและหลังเรียน

Journal of Graduate Studies Valaya Alongkron Rajabhat University
Vol. 17 No. 3 (September – December 2023)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งก่อนและหลังเรียน

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	t	Sig.*
ก่อนเรียน	30	11.73	1.51	38.62	.000
หลังเรียน	30	25.31	1.32		

*Sig. < 0.05

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

1. คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียน จากการวิเคราะห์พบว่า หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้กับการโต้แย้ง นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง จะพบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirithon (2019) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ในระดับดี และ Jamjai (2014) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง หลังการจัดการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบที่เป็นข้อกล่าวอ้าง เมื่อผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องมากที่สุดอยู่ในระดับดี เนื่องจากการระบุองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้างนั้นส่วนใหญ่จะเป็นการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยยังไม่ต้องมีหลักฐานมาสนับสนุนและการอธิบายเหตุผล จึงเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสามารถระบุได้ง่าย องค์ประกอบที่เป็นหลักฐาน เมื่อผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการเขียนแสดงหลักฐานได้เหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดี นักเรียนมีความเข้าใจวิธีการเขียนหลักฐานมากขึ้น เนื่องจากในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้

นักเรียนได้ฝึกสร้างหลักฐานจากกิจกรรมการทดลอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ ตาราง กราฟ รูปภาพ หรือจากข้อมูลที่ให้มาในโจทย์ เป็นต้น ทำให้นักเรียนสามารถเขียนแสดงหลักฐานได้ถูกต้องมากขึ้น และองค์ประกอบที่เป็นการให้เหตุผล เมื่อผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการเชิงวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมและเพียงพออยู่ในระดับดีเนื่องจากในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนได้ฝึกทำการทดลอง และลงมือปฏิบัติหาแนวคิดที่ถูกต้องด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนที่ไม่สามารถพัฒนาระดับความสามารถนี้ได้โดยอยู่ในระดับพอใช้และปรับปรุง เนื่องจากนักเรียนยังมีแนวคิดไม่ถูกต้อง โดยเกิดจากการที่นักเรียนยังไม่เข้าใจแนวคิดของเนื้อหา ทำให้ไม่สามารถนำแนวคิดที่ถูกต้องมาเขียนแสดงเหตุผลในการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้

2. คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง สูงกว่าก่อนเรียน จากการวิเคราะห์พบว่า หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง นักเรียนมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chutrakoolwong (2014) พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และ Junping (2012) พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อพบว่า ข้อสอบแต่ละข้อจะมีจำนวนนักเรียนตอบคำถามถูกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้ง ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีขั้นตอนกิจกรรมที่หลากหลาย เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด ออกแบบ ตั้งคำถาม กำหนดตัวแปร และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริง อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีการสะท้อนความคิดเห็นและอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างนักเรียนด้วยกัน เชื่อมโยงความรู้ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับข้อสรุป ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี เกิดองค์ความรู้ และมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การนำกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนไม่ค่อยกล้าแสดงความคิดเห็นหรือโต้แย้งกับกลุ่มอื่น ๆ ครูผู้สอนควรให้คำแนะนำและชี้แนะให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญในการโต้แย้งว่าเป็นกระบวนการหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการหาข้อสรุปที่ถูกต้องโดยใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง

2. การนำกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่สับสนระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ครูผู้สอนควรอธิบายและเน้นย้ำทุกครั้งที่จัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและสามารถเขียนแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

เนื่องจากในระหว่างที่ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะความรู้ร่วมกับการโต้แย้งในชั้นเรียน พบว่า ในระหว่างดำเนินการสอนจะสังเกตเห็นพฤติกรรมของนักเรียนหลายพฤติกรรม เช่น นักเรียนที่เป็นสมาชิกกลุ่มมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ฝึกคิด ออกแบบ ตั้งคำถาม กำหนดตัวแปร และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม มีการสะท้อนความคิดเห็นและอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างนักเรียนด้วยกัน สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับข้อสรุปเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาวิจัยตัวแปรตามอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

References

Chamrat, S. (2017). **Kan̄chatkan̄rian̄kan̄son̄ witthayasāt 1. Nai Pra mūan sārachut wichasārattha Witthaya withīlæ tham ma chat khoṇng witthayasāt** [Teaching and learning science 1. Foundations, methodologies, and nature of science education]. 5th ed. Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University.

Chaowakeratipong, N. (2019). Kān̄songsœ̄m khwām sāmāt naikān sān̄gkhā athibāichœ̄ng witthayāsāt khoṇng phūrian dūai kān̄son̄bǣpsūpsoḥakhwāmrū [Enhancing the ability in constructing scientific explanations of learners by using the inquiry teaching method]. **STOU Journal**. 12(1), 40–54.

Chutrakoolwong, A. (2014). phon khoṇng kān rian kān̄son̄ bǣp sūp soṇp doī chai kham thām tām kān chamnæk praphet watthuprasong thān̄gkān̄ suksā khoṇngblūm thī mī toṇ phon samrit thān̄gkān̄ rian fisik læ thaksa krabūankān̄ thān̄g witthayāsāt khan phasomphasān̄ khoṇng nakrian matthayommasuksā toṇn plāi [Effects of inquiry instruction using questions based on bloom's Taxonomy of educational objectives on physics learning achievement and integrated science process skills of upper secondary school students]. **An Online Journal of Education.** 9(1), 383-397. Retrieved from https://www.edu.chula.ac.th/ojed

Jamjai, O. (2014). **Kān phat thanā khwām samat naikān sangkham ʻathibaichoēng witthayāsāt khoṇng nakrian radap chanmatthayomsuksā pithī Sām Duairup bæp kanriankansoṇn bæpsupsoṛ ruam kapkon withikantoyæng** [The development of grade 9 students' ability in making scientific explanation using argumentation and inquiry approach]. Master of Education (Science Education). Kasetsart University.

Junping, J. (2012, September). kānphatthanā thaksa krabuankān thang witthayāsāt khan buranākān khoṇng nakrian chan matthayommasuksā pī thī soṇng doi kanchatkān rianru bæp supsoṛ hakhwām ru [The development of an integrated science process skills of grade 8th students using the inquiry method]. In **kān prachum sanoē phonnga nawichai radap bandit suksā Mahawitthayālai Sukhothaithammathirat khrang thī soṇng** [The 2nd STOU Graduate Research Conference]. (pp. 1-9). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University.

Mcneill, K. L. & Krajcik, J. S. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. **Journal of Research in Science Teaching**. 45(1), 53–78.

Ministry of Education. (2017). **Tuachiwatlæ sarakanrianru kænklangklum sarakanrianruwitthayasat tam lak sut kæn klang kansuksanaphunthan Phutthasakrat (chabapkækhai) Soṇngphanharoịhoksip** [Indicators and learning areas in science, basic education, core curriculum (Revised) B.E. 2017]. Bangkok: Kurusapa Printing.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching**. 41(10), 994–1020.

Sampson, V. & Clark, D. V. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. **Journal of Science Education**. 93, 448–484.

Sirithon, N. (2019). Kān chat kanrian rubæpsupsoṭhī khap khluan duaikon withikantoyæng phua phat thana khwamsamat naikansangkham ʻ athibaichoēng witthayasat khoṇngnakrian chanmatthayomsuksapi thī Si Ruang Rang Muan lækotkankhluanthī [Implementing argument-driven inquiry approach for developing grade 10 students' ability to make scientific explanation on the topic of force, mass, and law of motion]**. Silpakorn University Journal**. 39(1), 130–141.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). **Krop̣ khrong̣ sang̣ kān pra mœ̄n phon nakrīan khrong̣ kān PISA Sop̣ngphansipha** [PISA 2015 student assessment framework]. Retrieved from https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-fullreport/

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). **Phon kān pramœ̄n PISA Sop̣ng phansip pæt Kān ʻān Khanitsāt læwitthayāsāt** [PISA 2018 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science]. Retrieved from https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-2015-framework/