

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศสวนกุหลาบวิทยาลัย ปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

The Effects of Inquiry 5Es Learning Management Emphasizing Scientific Explanation on Science Achievements in the Topic of Weather and Scientific Explanation of MatthayomSuksa I Students at Nawamintrachinuthit SuankularbWittayalai Pathumthani School in Pathumthani Province

ภัทรสุดา หาดขุนทด* นวลจิตต์ ชาวเกียรติพงศ์** และดวงเดือน สุวรรณจินดา**

Pattarasuda Hadkhuntod* Nuanjid Chaowakeratipong** and Duongdearn Suwanjinda**

* สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

** สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

* Department of Education Major in Science Education Sukhothai Thammathirat Open University

** Department of Education Sukhothai Thammathirat Open University

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 2) เปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 3) เปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สวนกุหลาบวิทยาลัย ปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 88 คน จาก 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ลมฟ้าอากาศ 4) แบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5) แบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ 6) บันทึกหลังสอน สถิติที่ใช้

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare science achievement on the topic of Weather of MathayomSuksa I students after learning between experimental group and control group 2) compare Scientific Explanation of MathayomSuksa I students after learning between experimental group and control group, and 3) compare Scientific explanation of MathayomSuksa I students of control group between before and after learning.

The sample consisted of 88 MathayomSuksa I students in two heterogeneous classrooms who were studying in the second semester of the 2018 academic year, obtained by cluster random sampling. They were the experimental group and the control group. The experimental group was MathayomSuksa I students who learned by using the Inquiry 5Es Learning Management Emphasizing Scientific Explanation. The control group was MathayomSuksa I students who learned by using the conventional teaching method. The research instruments were 1) Inquiry 5Es Learning Management Emphasizing Scientific Explanation lesson plans, 2) conventional lesson plans, 3) Science Achievement test on the topic of Weather, 4) Scientific Explanation test 5) Scientific Explanation record form and 6) after teaching record form. Statistics for data analysis were mean, standard deviation and t-test.

Research finding revealed that (1) Science Achievement on the topic of weather of the experimental group was significantly higher than the control group at the .05 level, (2) Scientific Explanation of the experimental group was significantly higher than the control group at the .05 level, and (3) Scientific Explanation of the experimental group after learning was significantly higher than before learning at the .05 level.

Keywords: Inquiry 5Es Learning Management, Scientific Explanation, Science Achievements

บทนำ

สังคมในปัจจุบันเป็นสิ่งสังคมแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์จึงเป็นปัจจัยสำคัญอันเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์มีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ รวมทั้งการประเมินและพัฒนาการจัดการศึกษาทั้งในระดับชาติ และระดับนานาชาติ จากการพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ส่วนของรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งเป็นผลรวดยุติและประเมินผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชาติตามมาตรฐานการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนน

รายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศอยู่ที่ 32.28 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อพิจารณาตามสาระการเรียนรู้ ยังพบว่าผลการประเมินในสาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ความรู้ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติรอบตัวของนักเรียนยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำเช่นเดียวกัน (National Institute of Educational Testing Service, 2017) และจากการพิจารณาผลการประเมินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติตามโครงการ PISA 2015 ส่วนของการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมของทั้งประเทศพบว่า นักเรียนเพียงหนึ่งในสามคิดเป็น ร้อยละ 36.1 สามารถตอบข้อสอบวิทยาศาสตร์ได้ โดยมีนักเรียนจำนวนหนึ่งในห้าเท่านั้นที่สามารถทำข้อสอบในส่วนของเขียนตอบแบบใช้คนตรวจได้ หากพิจารณาด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในส่วนของอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าผลการประเมินในปี 2015 สัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อสอบได้ลดลงจากปี 2012 (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology: IPST, 2017)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางการศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชาติ (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการทดสอบที่สะท้อนให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังไม่สัมฤทธิ์ผล และยังมีประสิทธิภาพที่ไม่เป็นไปตามความต้องการของสังคมและผลการประเมินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติตามโครงการ PISA ด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในส่วนของอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หนึ่งในองค์ประกอบของการประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดการประเมินของ PISA โดยตัวชี้วัดประการหนึ่งที่สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คือมีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Anuworachai, 2014)

ซึ่งแน่นอนว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยครูที่มีเทคนิคการสอนที่ดีสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และสามารถให้คำแนะนำนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้ จะส่งผลให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ (Phattarawat, 2016) แต่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของไทยยังเน้น

เพียงความรู้ในตำรา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญด้านความจำ ขาดการตั้งคำถามที่กระตุ้นความสนใจใคร่รู้ของนักเรียนขาดการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน ตลอดจนเป็นชั้นเรียนที่ขาดปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Tangkitvanich, 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งขาดการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายจากกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของไทยยังขาดการเน้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์และแสดงออกทางความคิดอย่างสร้างสรรค์ ขาดการเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่อยู่รอบตัว (IPST, 2017)

จากสภาพปัญหาและปัจจัยดังกล่าว การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบาย อันประกอบไปด้วยสามองค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นการตอบข้อคำถามจากคำถามหรือปรากฏการณ์ที่ได้พบ 2) หลักฐาน (Evidence) เป็นการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูลหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008) แนวทางดังกล่าวเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และช่วยแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้รวมทั้งการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะหนึ่งที่สำคัญที่พลเมืองของชาติพึงมีตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของ PISA จากผลการศึกษาของ Peker & Wallace (2009) ที่ทำการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับเกรด 10 พบว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้พื้นฐานที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานรวมทั้งการให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นกระบวนการที่พัฒนาความสามารถทางการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

เนื่องจากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างคำตอบจากคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาโดยใช้ข้อมูล หลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบ มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น อันเป็นการจัดการเรียนการสอนที่สะท้อนความเป็นวิทยาศาสตร์ เน้นการสำรวจตรวจสอบ ทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของคำถาม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งความรู้และทักษะกระบวนการ โดยการ

เรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) นี้ จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหา และค้นคว้าด้วยวิธีต่าง ๆ จนเกิดเป็นความเข้าใจและเกิดเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ดังงานวิจัยของ Prisant (2012) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น ในขณะที่การจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (Peker & Wallace, 2009) และในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการเข้าใจในวิทยาศาสตร์ ในการที่จะพัฒนาให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ จึงต้องเริ่มต้นองค์ความรู้ที่ใกล้ตัวนักเรียนและเริ่มจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นระดับขั้นแรกของการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษา จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
3. เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศสวนกุหลาบวิทยาลัย ปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ห้องเรียนปกติ จำนวน 315 คน 7 ห้องเรียน โดยลดความสามารถของนักเรียน

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สวนกุหลาบวิทยาลัย ปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้กลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 44 คน (กลุ่มทดลอง) แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 17 คน และเพศหญิง จำนวน 27 คนและอีกกลุ่มเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ จำนวน 44 คน (กลุ่มควบคุม) แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 27 คน และเพศหญิงจำนวน 17 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการดำเนินงาน 2 ลักษณะ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้นโดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมฟ้าอากาศ จำนวน 7 แผน ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง ใช้จัดการเรียนรู้ในกลุ่มทดลอง

2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เรื่อง สมฟ้าอากาศ จำนวน 7 แผน ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมงใช้จัดการเรียนรู้ในกลุ่มควบคุม

สามารถเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) นำเข้าสู่บทเรียนโดยการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนอันเกิดขึ้นจากความสงสัยโดยใช้คำถามหรือสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนสร้างคำกล่าวอ้างหรือคำตอบ (Claim) โดยให้นักเรียนบันทึกข้อกล่าวอ้างลงในแบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้เรื่องหรือกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนอันเกิดขึ้นจากความสงสัย
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นของการทำความเข้าใจวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล หรือทดลองเพื่อเก็บข้อมูลหรือหลักฐาน (evidence) เพื่อให้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอและนำไปใช้ในการอ้างอิงสนับสนุนคำกล่าวอ้าง โดยนักเรียนทำการบันทึกข้อมูลหรือหลักฐานลงในแบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นของการทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบเพื่อให้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้หลักฐานหรือข้อมูลอย่างเพียงพอแล้วจากการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนทำการนำเสนอพร้อมทั้งแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน รวมทั้งนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลตลอดจนนำหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาใช้เพื่อเชื่อมโยงระหว่างคำกล่าวอ้างหรือคำตอบกับข้อมูลหรือหลักฐานซึ่งตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรียกว่า การให้เหตุผล (Reasoning)	ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอแล้วจากการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นำความรู้ที่ได้รับหรือสร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิด ที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่	ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ความรู้ที่ได้รับหรือสร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้ เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมตลอดจนนำไป ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอและแลกเปลี่ยนคำอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์ร่วมกันในชั้นเรียน รวมทั้งประเมินการเรียนรู้ด้วย สถานการณ์ปัญหาหรือคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ลมฟ้า
อากาศ แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่า
ความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 มีค่าอำนาจจำแนก (r)
อยู่ระหว่าง 0.23 – 0.61 และค่าความเที่ยงของข้อสอบ
เท่ากับ 0.91

2) แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
แบ่งเป็นแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อน
เรียน จำนวน 2 ข้อ และหลังเรียน จำนวน 2 ข้อ ซึ่งแบบ
วัดฉบับก่อนเรียนมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.77 และแบบวัด
ฉบับหลังเรียนมีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.85 ในการประเมิน
การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ประเมิน
ตามแนวความคิดของ MCneill & Krajcik (2008) เป็น

การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ
ของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์การ
ประเมินและให้คะแนนแต่ละด้านเป็นคะแนนแบบรูบริกส์
คะแนน 3 ระดับ ได้แก่ 0 1 และ 2 ในงานวิจัยนี้คะแนน
การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0-12
คะแนน จากนั้นกำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับ
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดย
อ้างอิงจากเกณฑ์ของ Sampson *et al.* (2010) และ
Anuworrachai (2010) ซึ่งงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ
ได้แก่ ช่วงคะแนน 0-4 คือ ระดับปรับปรุง ช่วงคะแนน 5-8
คือระดับดี และช่วงคะแนน 9-12 คือ ระดับดีมากโดยมี
เกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตาม
แนวความคิดของ MCneill & Krajcik

องค์ประกอบ	คะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	ไม่เขียนหรือเขียนข้อกล่าวอ้าง ไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจนหรือไม่ครบถ้วน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง และชัดเจน
หลักฐาน (Evidence)	ไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดง หลักฐานไม่เหมาะสม หรือ หลักฐานไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ ไม่เพียงพอ มีหลักฐานบาง ประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานเหมาะสมและ เพียงพอต่อการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (Reasoning)	ไม่แสดงเหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่ เหมาะสมหรือแสดงเหตุผลที่ไม่ เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อ กล่าวอ้างแต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ได้ อย่างเหมาะสม และเพียงพอ

ที่มา: Mcneill & Krajcik (2008)

3) แบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นใบกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนเรียนรู้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งเป็นแบบฝึกหัดสำหรับให้นักเรียนฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4) บันทึกหลังสอนเป็นแบบบันทึกสำหรับจดบันทึกข้อมูลโดยครูผู้สอนเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนกับกลุ่มทดลองโดยให้นักเรียนทำแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับกลุ่มทดลอง และจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นกับกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้แบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ในกลุ่มทดลอง และบันทึกการทำกิจกรรมและพฤติกรรมที่แสดงออกในระหว่างการทำกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนโดยใช้แบบบันทึกหลังสอนดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกการ

สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบบันทึกหลังสอน เพื่อนำมาศึกษาลักษณะของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบทีวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบที พร้อมทั้งจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

(n = 44)

คะแนน	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		t	Sig
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
ผลสัมฤทธิ์ทางเรียน	23.50	3.573	15.32	5.098	8.718*	0.000

* p < .05

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.50 และ 15.32 ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของคะแนนการ
สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รายการ	\bar{x}	S.D.	ระดับความสามารถ	t	Sig
กลุ่มทดลอง	7.61	2.452	ดี	4.159	0.000
กลุ่มควบคุม	3.45	1.910	ปรับปรุง		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 7.61 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับดี ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 3.45 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับปรับปรุง คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง

สูงกว่าคะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียน
และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

รายการ	\bar{x}	S.D.	ระดับความสามารถ	t	Sig
ก่อนเรียน	2.34	1.397	ปรับปรุง	-3.025*	0.000
หลังเรียน	7.61	2.452	ดี		

* $p < .05$

จากตารางที่ 5 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เท่ากับ 2.34 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับปรับปรุง และมีคะแนนเฉลี่ยของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 7.61 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับดี คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ข้อมูลเชิงคุณภาพของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากแบบบันทึกหลังสอนแบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

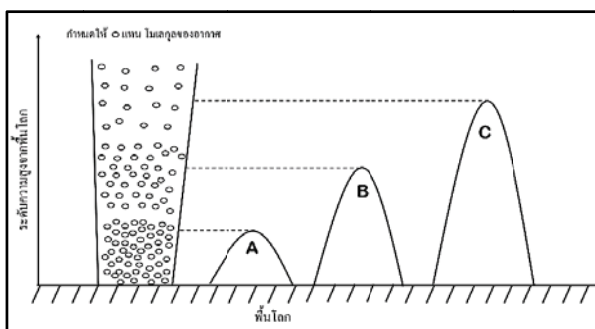
ก่อนเรียนและผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร โดยลักษณะของการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะเป็นข้อความสั้นๆ ที่เป็นคำตอบของคำถาม ยังขาดการให้ข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาจากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งยังขาดการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกระบวนการฝึกฝนให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่ดีมากขึ้น มีการเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่ละเอียดและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งเขียนแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ดียิ่งขึ้น และเมื่อ

นักเรียนได้เรียนรู้จนจบหน่วยการเรียนรู้ จากผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนลักษณะของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่เป็นคำตอบของคำถามที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น มีการนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และมีการนำหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่าน

กิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งความรู้เดิมของนักเรียนมาใช้ในการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนและเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ทั้งนี้ในการดำเนินการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยได้กำหนดรหัสของนักเรียนจำนวน 44 คน ในกลุ่มทดลองตามหมายเลขประจำตัวเป็นนักเรียน 01 ถึง นักเรียน 44 โดยสามารถแสดงตัวอย่างการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นโดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังนี้

ตัวอย่างคำถาม

“จากแผนภาพที่กำหนดให้ บริเวณยอดเขาใดมีความดันอากาศสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ เพราะเหตุใด แล้วความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับความสูงและความหนาแน่นของอากาศอย่างไร จงอธิบายโดยใช้ข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์”



จากข้อคำถามสามารถแสดงตัวอย่างการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าว

อ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ดังตารางที่ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการเขียนข้อกล่าวอ้างจำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนข้อกล่าวอ้าง	ตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน
ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและชัดเจน (2 คะแนน)	นักเรียน 01: “บริเวณยอดเขา A มีความดันอากาศสูงสุด รองลงมาคือ ยอดเขา B และยอดเขา C มีความดันอากาศต่ำที่สุด” นักเรียน 17: “จุด A มีความดันอากาศสูงสุด จุด C มีความดันอากาศต่ำที่สุด”
ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน (1 คะแนน)	นักเรียน 02: “A มีความดันในอากาศสูงสุด B มีความดันในอากาศต่ำสุด” นักเรียน 36: “A มีความดันอากาศสูงสุด”
ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง (0 คะแนน)	นักเรียน 09: “C = มีความดันอากาศสูงสุด B = มีความดันอากาศปานกลาง C = มีความดันอากาศน้อยที่สุด”

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการให้ข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างจำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนหลักฐาน	ตัวอย่างการให้ข้อมูลหรือหลักฐานของนักเรียน
แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	นักเรียน 01: “จากแผนภาพที่กำหนดให้ จำนวนโมเลกุลของอากาศที่อยู่ในระดับความสูงต่างๆ ซึ่งบริเวณใกล้พื้นโลกจะมีจำนวนโมเลกุลของอากาศมากกว่า บริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป” นักเรียน 05: “จุด C มีโมเลกุลอากาศน้อย B มีโมเลกุลอากาศปานกลาง A มีโมเลกุลอากาศหนาแน่นมาก และทั้งสามบริเวณมีโมเลกุลอากาศแตกต่างกัน”
แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีหลักฐานบางประการไม่เหมาะสม (1 คะแนน)	นักเรียน 06: “จำนวนโมเลกุลของอากาศ ทำให้รู้ว่าความดันอากาศที่ใดสูงสุดและต่ำสุด” นักเรียน 20: “เพราะยิ่งสูงความกดอากาศยิ่งต่ำ และยิ่งต่ำความกดอากาศยิ่งสูง”
ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือหลักฐานไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (0 คะแนน)	นักเรียน 04: “ดูจากภาพโมเลกุลอากาศ”

ตารางที่ 8 ตัวอย่างการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับข้อมูลหรือหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผล	ตัวอย่างการให้เหตุผลของนักเรียน
แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้หลักการเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ (2 คะแนน)	นักเรียน 05: “ความดันอากาศขึ้นกับความหนาแน่นของอากาศ โดยบริเวณผิวโลกมีความหนาแน่นของอากาศมากกว่าบริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป จึงส่งผลให้ความดันของอากาศมีค่าลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น” นักเรียน 19: “บริเวณพื้นผิวโลกมีความหนาแน่นของอากาศมากกว่าบริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป การชนกันของโมเลกุลอากาศมีมาก ความกดอากาศของบริเวณผิวโลกจึงมากกว่าบริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป”
แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่มีการใช้หลักฐานซ้ำ หรือมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ (1คะแนน)	นักเรียน 07: “เมื่อความสูงจากพื้นโลกต่ำจะทำให้ความดันอากาศสูง เพราะมีโมเลกุลเยอะ ส่วนความสูงจากพื้นโลกสูงจะทำให้ความดันอากาศต่ำ เพราะมีโมเลกุลอากาศน้อย” นักเรียน 24: “เมื่ออยู่ที่สูงกว่า ความดันอากาศยิ่งต่ำ แต่ถ้าอยู่ที่ต่ำกว่า ความดันอากาศสูงกว่า โดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น บาร์โรมิเตอร์ปรอท บารอกราฟ แอนิรอยด์บาริมิเตอร์” นักเรียน 35: “เมื่อความสูงยิ่งมากความกดอากาศยิ่งต่ำ แต่ความสูงต่ำความกดอากาศจะสูง”
ไม่แสดงเหตุผลหรือเหตุผลไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง (0 คะแนน)	นักเรียน 16: “ไม่มีการเขียนแสดงเหตุผล” นักเรียน 20: “ความหนาแน่นมีความเชื่อมโยงกับความกดอากาศคือ วัตถุที่สูงอุณหภูมิยิ่งต่ำ วัตถุต่ำอุณหภูมิสูง”

อภิปรายผล

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลให้นักเรียนมี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นเนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ความรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมสำรวจ ตรวจสอบ ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้น เป็นการรายงานคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์ที่อยู่บน

พื้นฐานของการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ การศึกษาค้นคว้า และเก็บรวบรวมกับหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นแนวทางที่ส่งเสริมและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ ส่งผลให้นักเรียนได้สร้างความรู้ขึ้นด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย

ผลการวิจัยดังกล่าว มีความสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ อันนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้าง และการเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานผ่านการสำรวจตรวจสอบ พร้อมทั้งใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสและเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการสำรวจตรวจสอบจนเกิดเป็นการสร้างความรู้ในตนเอง ดังทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ที่ว่า การจัดการเรียนรู้ที่ครูมีบทบาทจัดหาโอกาสในการเรียนการสอนให้นักเรียนได้แสดงความคิดและสื่อความคิดของตนเองมาเป็นการช่วยให้นักเรียนสร้างความหมายจากการเรียนรู้ และสร้าง คำอธิบายจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Roadrangka, 1997) และยังคงสอดคล้องกับการเรียนรู้จากการค้นพบด้วยตนเองของตามแนวคิดของบรูเนอร์ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงขึ้นมาจาก การค้นพบด้วยตนเอง กระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมายเป็นการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นหลักทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ผลักดันให้นักเรียนไปแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อแก้ปัญหา (IPST, 2010)

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงกว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติซึ่งมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถช่วยพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ เนื่องจากนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้รับการฝึกประสบการณ์ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้สำรวจตรวจสอบตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ที่ผนวกแนวทางการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้เรียนรู้การสร้างข้อกล่าวอ้างจากการตอบคำถามในชั้นสร้างความสนใจ มีการฝึกให้ทำการสำรวจตรวจสอบ แล้วบันทึกผลเป็นข้อมูลหรือหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง และเมื่อนักเรียนมีข้อมูลอย่างเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบของกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว นักเรียนต้องนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้มาใช้ในการให้เหตุผล เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานในชั้นตอนนี้หากนักเรียนค้นพบว่าข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อน หรือยังไม่ถูกต้องนักเรียนสามารถกลับไปแก้ไขข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามได้ โดยใช้ข้อมูลหรือหลักฐานที่มีพร้อมทั้งให้เหตุผลเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานนั้นดังกฎของการฝึกหัด (Law of Exercise) ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์นไคค์ ที่เชื่อว่า การที่นักเรียนได้ฝึกหัดหรือได้กระทำบ่อยๆ ด้วยความเข้าใจจะทำให้การเรียนรู้นั้นคงทนถาวร หากต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะหรือความสามารถในด้านใด ครูผู้สอนจะต้องช่วยให้มีโอกาสในการฝึกฝนโดยกระทำสิ่งนั้นบ่อยๆ (Khaemmanee, 2017)

ผลการวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อันเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผนวกแนวทางที่เน้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้เกิดความขัดแย้งในความคิดจนนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าหาคำตอบผ่านกิจกรรมสำรวจตรวจสอบสามารถทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jamjai (2014) ที่ทำการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anuworrachai (2010) ที่ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนรายวิชาชีววิทยาด้วย

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น (5E)

3. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน มีเหตุผลดังต่อไปนี้ 1) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีการผนวกกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ โดยกำหนดให้นักเรียนตอบคำถามในขั้นสร้างความสนใจเกิดเป็นการเรียนรู้การสร้างข้อกล่าวอ้าง อันนำไปสู่การเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ เพื่อนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างร่วมกับการใช้หลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2) นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผ่านกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ ซึ่งจัดเป็นแบบฝึกหัดที่ครูผู้สอนกำหนดให้นักเรียนได้ฝึกทำซ้ำ ๆ จนเกิดเป็นทักษะที่ดี และนอกจากนี้ผู้เรียนยังมีโอกาสในการนำความรู้มาใช้เพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่ต่างจากคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ในชั้นประเมินผล รวมทั้งได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มตลอดจนการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

เมื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล จะพบว่าคะแนนของนักเรียนด้านการให้เหตุผลนั้นมีคะแนนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับคะแนนด้านข้อกล่าวอ้างและหลักฐานซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมิน PISA 2015 ของนักเรียนไทยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในส่วนของ การให้เหตุผลโดยพิจารณาจากด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสมรรถนะที่นักเรียนจะต้องแสดงออกถึงความสามารถในการตีความหมายข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างข้อกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุป รวมไปถึงสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับนานาชาติประเทศ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนต้องมีการเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (IPST, 2017) โดยการให้เหตุผลเชิง

วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่แล้วโดยใช้เหตุผล หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นการให้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่ (Chaupanich, 1999)

จากผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chumsaeng, Jantarakantee & Chiangga (2017) ทำการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการใช้หลักฐานได้ดี ทั้งนี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่คงที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหา นักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น หากนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนั้นๆ และยังสอดคล้องกับ Sirithon & Jantarakantee (2019) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งนักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี โดยคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดของนักเรียนในเนื้อหา นั้นได้อย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนต้องกำหนดกรอบที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งกำหนดแนวทางการประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างชัดเจนและครอบคลุม ทั้งนี้ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรสร้างความเข้าใจให้นักเรียนทราบถึงองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลในการศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในโมเดลที่มีความซับซ้อน ควรมีคำถามย่อยจากคำถามหลัก เพื่อช่วยให้เข้าถึงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในระยะแรก นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ทำให้การเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีลักษณะเป็นข้อความสั้นๆ ครูผู้สอนจึงควรให้คำแนะนำเพื่อช่วยให้นักเรียนเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

3. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนของ การให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนและเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานนั้น เป็นส่วนที่มีความซับซ้อนที่สุดสำหรับนักเรียน ดังนั้นครูผู้สอนต้องมีการเตรียมแหล่งข้อมูล สำหรับการศึกษาค้นคว้ารวมทั้งจัดกิจกรรมที่ครอบคลุมองค์ความรู้เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนแสดงเหตุผลได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อแลกเปลี่ยนและเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน

References

- Anuworrachai, S. (2010). *Effects Biology Instruction Using The Argument-Driven Inquiry Instructional Model on Ability in Scientific Explanation Making and Rationality of Upper Secondary School Students*. Master of Education Thesis in Science Education, Chulalongkorn University. [in Thai]
- _____. (2014). Science Learning Management by Using the Scientific Explanation. *STOU Education Journal*. 7(2), 1-14. [in Thai].
- Chaupanich, C. (1999). Scientific concepts: Basic process in research. *Teaching and Research at secondary level: Article combination*. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Chumsaeng, T., Jantarakantee, E. & Chiangga, S. (2017). *The Development of Grade 10 students' Scientific Explanation Ability in Equilibrium Unit Using Context-Based Approach*. Retrieved from <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/60/nigr2017/pdf/HMO5.pdf>. [in Thai].
- Jamjai, O. (2014). *The Development of Grade 9 Students' Ability in Making Scientific Explanation Using Argumentation and Inquiry Approach*. Master of Art in Teaching Thesis in teaching Science, Kasetsart University. [in Thai].
- Khaemmanee, T. (2017). *Teaching Science: Knowledge to Organize Learning Process Performance*. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai].
- Mneill, K. L. & Krajcik, J. S. (2008). *Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/>.
- National Institute of Educational Testing Service. *The Summary of Ordinary National Educational Test (O-NET) MatthayomSuksa 3 of 2017 academic year*. Retrieved from http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3_2560.pdf. [in Thai].
- Peker, D. and Wallace, C. S. (2009). *Characterizing High School Students' written Explanations in Biology Laboratories*. Retrieved from <https://link.springer.com/article/>.
- Phattarawat, K. (2016). *PISA 2015 Important lessons from the international level*. Retrieved from <https://thaipublica.org/2016/12/krai-yos-pisa-2015/>. [in Thai].
- Prisant, N. (2012). *The Effects of Using the Inquiry Teaching Method with a Science Learning Activities Package in the Topic of Substances in Daily Life on Learning Achievement and Creative Thinking in Science of PrathomSuksa VI Students in Prajimpattana School Group under Phra Nakhon Si Ayutthaya Primary Education Service Area Office 2 in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province*. Master of Education (Curriculum and Instruction), Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai].
- Roadrangka V. (1997). *CONSTRUCTIVISM*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai].

- Sampson, V., Grooms, J. & Walker, J. P. (2010, October 11). *Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study*. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/>.
- Sirithon, N. & Jantarakantee, 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].
- Tangkitvanich, S. (2017). *Quality development of science teachers in the 4.0 era*. Retrieved from <https://tdri.or.th/2017/12/sciteacherreform/>. [in Thai].
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2010). *Biological handbook of MatthayomSuksa 4-6*. Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao. *.Basic information summary of PISA 2015*. Retrieved from <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-2015-basic-summary/>. [in Thai].