

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน

MODEL BASED INQUIRY AND SCIENTIFIC EXPLANATION: PROMOTING MEANING-MAKING IN CLASSROOM

พนิดา มีลา^{1*} และร่มเกล้า อาจเดช²
Pannida Meela^{1*} and Romklao Artdej²

^{1,2}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

^{1,2}Faculty of Education, Khon kaen University, Khon kaen 40000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: panla111@hotmail.com

บทคัดย่อ

การอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการพัฒนาความเข้าใจในโมเดล และการสร้างความหมายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการระบุคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลมาสนับสนุนเพื่ออธิบายการเกิดของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติทดลอง การนำหลักฐานที่ได้จากการทดลองมาสนับสนุนและให้เหตุผลในการอธิบายข้อสรุปจากการทดลอง ยังเป็นลักษณะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 34 คน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Paired samples t-test เพื่อวิเคราะห์ความสามารถการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิจัย พบว่า

1. ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ในระดับ 1 แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2

2. ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สได้

คำสำคัญ: การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สมบัติของแก๊ส

Abstract

Scientific explanation has played a significant role in science learning with regards to the development of students' understanding of scientific concepts. It is important for the construction of the meaning behind phenomena whereby students make a claim using evidence and reasoning to support the occurrence of such phenomena. Model based inquiry (MBI) is an instructional strategy which places an emphasis on the scientific process to allow students to understand the content areas through laboratory work. Using experimental evidence with given reasoning to explain a conclusion of laboratory work, also represents the feature of scientific explanation. This study aimed to investigate and compare grade 7 students' scientific explanation performance after participating in the MBI focusing on properties of gas. Participants were 34 junior high school students. The scientific explanation test was administered to them before and after implementation of the MBI. Students' responses were further analyzed using the percentage, mean, standard deviation, and paired samples t-test.

Results were as follows:

1. Most students had scientific explanation performances as level 1 in pretest and improved their performance as level 2 in posttest.
2. Students' scientific explanation performances were significantly different between the post-test and pre-test. This suggests that the instructional strategy, MBI, provided the students with the tools necessary to build scientific explanation for the properties of gas –and aided them in linking together claim, evidence, and reasoning.

Keywords: Scientific Explanation, Model Based Inquiry, Properties of Gas

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) มีสัมพันธ์กับการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแง่ของการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ เพื่อให้บุคคลสามารถทำความเข้าใจในสาเหตุ กระบวนการ หรือเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งมักถูกนำเสนอในลักษณะของแบบจำลอง (Model) เพื่อเป็นตัวแทนในการอธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น เนื่องจากแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับการอธิบายความเข้าใจและสื่อสารความคิดของแต่ละบุคคล (Lehrer & Schuabert, 2006) และบ่อยครั้งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างและใช้แบบจำลองในการอธิบายข้อค้นพบของตนเอง โดยอ้างอิงหลักฐานและการให้เหตุผลในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ จนนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุปที่ใช้ในการสนับสนุนแนวคิดของตนเอง (Kijkuakul, et, al., 2005) ทำให้แบบจำลองและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในแง่ของการเป็นตัวแทนในการสื่อสารความเข้าใจในความรู้ของมนุษย์

อนึ่ง การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ยังเป็นพื้นฐานสำคัญอย่างยิ่งในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz-Primo, Li, Tsai, & Schneider, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับสภาการวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาที่ระบุว่า การอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถและความเข้าใจพื้นฐานของกระบวนการสืบเสาะที่นักเรียนควรมี 4 ประการ ได้แก่ 1) การแสดงหลักฐาน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาและประเมินคำอธิบายเพื่อตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบได้ 2) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน เพื่อใช้ในการตอบ

คำถามจากการสำรวจตรวจสอบ 3) การสร้างและปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองโดยใช้หลักฐานและเหตุผล และ 4) ความเข้าใจที่กระจ่างชัดว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการใช้หลักฐานและเหตุผล (National Research Council, 1996) โดยในการวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องแสดงถึงการนำหลักฐาน (Evidence) มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Claim) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง การอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงได้รับการกำหนดเป็นการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific practice) หนึ่งที่สำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2012) และการส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้นักเรียนฝึกการคิด และสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้ (McNeill & Krajcik, 2008) มีหลายวิธี เช่น การระบอบองค์ประกอบเกี่ยวกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การยกตัวอย่างและวิจารณ์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการช่วยเหลือ (Scaffolding) และการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based inquiry: MBI) โดยเฉพาะการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (McNeill & Krajcik, 2006; Najantad, 2015)

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดวางแผนและออกแบบการทดลอง ตรวจสอบสมมติฐาน รวบรวมข้อมูลหลักฐานจากการลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยผ่านสร้างแบบจำลองและปรับแบบจำลองใหม่ให้สอดคล้องกับผลจากการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์จริง เพื่อเป็นตัวแทนในการสื่อสารคำอธิบายของตนเอง (Neilson, Campbell, & Allred, 2010) เพราะการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานจากการทดลองและการให้เหตุผลไปสู่การลงข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามได้ (McNeill, Lizotte, Krajcik, & Marx, 2006) สะท้อนให้เห็นว่าการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับสิรินภา กิจเกื้อกูล ซึ่งกล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องทั้งในด้านความรู้และกระบวนการ และจากการศึกษางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ยังพบว่า การสร้างแบบจำลองด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้แนวความคิดหลักของวิทยาศาสตร์จากการตรวจสอบสมมติฐานหรือการอธิบายปรากฏการณ์ที่สนใจได้ (Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1991; Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008; Hestenes, 2010; Bamberger & Davis, 2013)

สารและสมบัติของสาร เป็นสาระหนึ่งในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเข้าใจสมบัติของสารและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารและสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสารและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้ (Office of the Basic Education Commission, 2008) แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเนื้อหาดังกล่าวที่แสดงถึงการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังรายงานวิจัยของ Seekuantha and Pimthong (2013) เกี่ยวกับการอธิบายของนักเรียนในเรื่องสมบัติของแก๊ส ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า เมื่ออนุภาคของสารเปลี่ยนสถานะไปเป็นแก๊ส อนุภาคของแก๊สจะถูกดันไปข้างภาชนะ มีลักษณะเบา ลอยตัวสูง มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีจำนวนอนุภาคเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงว่านักเรียนยังขาดความเข้าใจในเนื้อหาดังกล่าวจึงไม่สามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระ

วิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจที่ลึกซึ้งในการอธิบายเนื้อหาดังกล่าวได้ถูกต้อง แบบจำลองวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเป็นตัวแทนความรู้ที่จะนำมาสนับสนุนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจนำเอาการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) เรื่อง สมบัติของแก๊ส เข้ามาช่วยสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คำถามการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ให้เพิ่มมากขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษากับประชากรที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 150 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น (Probability sampling) ด้วยการสุ่มแบบยกทั้งห้อง (Cluster random sampling) ได้จำนวน 34 คน โดยเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ สมบัติของแก๊ส ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาย่อยอีก 3 เรื่อง ได้แก่ 1) รูปร่างและปริมาตรของแก๊ส 2) แรงดันแก๊ส และ 3) การแพร่ของแก๊ส ทั้งนี้ก็เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อใช้ในการศึกษาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่วนวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของเรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้การวิจัยแบบการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง จึงใช้แบบ One group pretest posttest design คือ $O_1 \times O_2$ (Campbell & Stanley, 1963) ดังนี้

O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน (ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน)

X คือ การจัดการเรียนรู้เรื่อง สมบัติของแก๊ส ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น

ฐาน

O₂ คือ การทดสอบหลังเรียน (ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน)

2. กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 34 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น ด้วยการสุ่มแบบยกทั้งห้อง จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 150 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องสมบัติของแก๊ส ซึ่งในแต่ละข้อจะประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังตาราง 1 และ 2 ตามลำดับ

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อคำถามและเนื้อหาเรื่องสมบัติของแก๊สในการวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่	เรื่อง
1.1-1.3	1) รูปร่างและปริมาตรของแก๊ส
2.1-2.3	2) แรงดันแก๊ส
3.1-3.3	3) การแพร่ของแก๊ส

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อคำถามและองค์ประกอบในการวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่	องค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1.1, 2.1 และ 3.1	ข้อกล่าวอ้าง
1.2, 2.2 และ 3.2	หลักฐาน
1.3, 2.3 และ 3.3	การให้เหตุผล

ดังตัวอย่างคำถามข้อที่ 1 ในภาพที่ 1 เป็นสถานการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับรูปร่างและปริมาตรของแก๊ส คำถามข้อที่ 1.1 ต้องการให้นักเรียนตอบคำถามว่า ภาชนะที่กำหนดให้ ภาชนะใดสามารถบรรจุแก๊สได้มากที่สุด ส่วนคำถามข้อที่ 1.2 ต้องการให้นักเรียนแสดงข้อมูลหรือหลักฐานที่นำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และคำถามข้อที่ 1.3 นักเรียนต้องแสดงเหตุผลโดยเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนด

1. ภาชนะแต่ละชนิดมีปริมาตรที่สามารถบรรจุได้ ดังนี้



ภาชนะ A

ปริมาตรที่สามารถบรรจุได้ 400 cm³



ภาชนะ B

ปริมาตรที่สามารถบรรจุได้ 400 cm³



ภาชนะ C

ปริมาตรที่สามารถบรรจุได้ 400 cm³

ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่กำหนดให้และตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 เมื่อนำแก๊สมาบรรจุในภาชนะ A, B, และ C นักเรียนคิดว่าแก๊สที่อยู่ในภาชนะใดมีปริมาตรมากที่สุด

1.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1

1.3 นักเรียนมีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้างที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1.1 และ 1.2

ภาพ 1 แสดงตัวอย่างคำถามข้อที่ 1 ในแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊ส และนำผลจากการทดสอบที่ได้มาเป็นข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นจึงดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้ 1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ โดยครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสมบัติของแก๊ส เพื่อนำมาใช้ในการรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องสมบัติของแก๊ส โดยนักเรียนจะต้องนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาในการตอบคำถามของปรากฏการณ์ดังกล่าวที่ครูนำเสนอ รวมทั้งนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลอง (ก่อนการทดลอง) เพื่อใช้สำหรับการทดสอบสมบัติของแก๊สในการตอบคำถามหลักของปฏิบัติการทดลอง 2) การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ นักเรียนต้องใช้แบบจำลองก่อนการทดลองที่สร้างขึ้นมาเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานเพื่อตอบคำถามหลักของปฏิบัติการทดลอง ซึ่งต้องการให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้าง เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา หรือผลการทดลองที่เป็นไปได้ มาใช้ในการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์การทดลอง 3) การเปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อค้นหาหลักฐานในการสนับสนุนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนสามารถปรับปรุงข้อกล่าวอ้างของตนเองได้อีกครั้งหลังจากการตรวจสอบความสัมพันธ์ในขั้นการค้นหาหลักฐาน เมื่อพบว่า ข้อกล่าวอ้างของตนเองที่ระบุในสมมติฐานนั้นไม่สอดคล้องกับผลการทดลอง และ 4) การโต้แย้งระหว่างกลุ่มแล้วนำผลการทดลองมาใช้ในการปรับปรุงเป็นแบบจำลอง (หลังการทดลอง) ให้สอดคล้องกับหลักฐานหรือผลการทดลองที่เกิดขึ้น และอธิบายผลการทดลองเพื่อตอบคำถามหลักของปฏิบัติการทดลอง ซึ่งนักเรียนต้องให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานด้วย และเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดิมอีกครั้ง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของแก๊ส มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังเรียน โดยใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ซึ่งระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น ระดับ 3 (สูง), 2 (ปานกลาง) และ 1 (ต่ำ) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วนำเสนอระดับความสามารถของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยสถิติพื้นฐาน คือ ร้อยละ โดยจำแนกตามองค์ประกอบและภาพรวมในทุกองค์ประกอบ ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ปรับจากระดับความสามารถในระดับต่างๆเป็นการให้คะแนนดังนี้ ความสามารถในการระดับ 3 ให้ 2 คะแนน, ความสามารถในการระดับ 2 ให้ 1 คะแนน, และความสามารถในระดับ 1 ให้ 0 คะแนน เพื่อแปลงข้อมูลมาตรวจวัดระดับอันดับ (Ordinal scale) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ให้เป็นข้อมูลมาตรวจวัดระดับอันดับอันดับ (Interval scale) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ แล้วนำข้อมูลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 3 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงกับคำถาม	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามและครบถ้วนสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐาน แต่หลักฐานไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและมีการระบุหลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและหลักฐานเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน หรือระบุเหตุผลที่สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ไม่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายประกอบ	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

ผลการวิจัย

จากคำถามการวิจัย “การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ให้เพิ่มมากขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร ” ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน และแบ่งระดับความสามารถเป็น 3 ระดับคือ ระดับ 3 (ระดับสูง), 2 (ระดับปานกลาง) และ 1 (ระดับต่ำ) ตามลำดับ จากนั้นจึง

วิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน คือ ร้อยละ และนำเสนอข้อมูลตามองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล รวมทั้งการนำเสนอภาพรวมในทุกองค์ประกอบ ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงจำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ตามระดับความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

องค์ประกอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ตามระดับความสามารถ					
	ระดับ 1		ระดับ 2		ระดับ 3	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ข้อกล่าวอ้าง(Claim)	10.78	10.78	35.29	36.27	53.92	52.94
หลักฐาน (Evidence)	50.00	19.61	44.12	72.55	5.88	7.84
การให้เหตุผล (Reasoning)	73.53	33.33	25.49	52.94	0.98	13.73
รวมทุกองค์ประกอบ	44.77	21.24	34.97	53.92	20.26	24.84

หมายเหตุ ตัวหนา หมายถึง ร้อยละสูงสุด

ตาราง 4 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 ซึ่งเป็นระดับต่ำ ในองค์ประกอบหลักฐาน ร้อยละ 50 การให้เหตุผล ร้อยละ 73.53 และภาพรวมในทุกองค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 44.77 และหลังเรียนด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง ในองค์ประกอบหลักฐาน การให้เหตุผล และภาพรวมในทุกองค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 72.55, 52.94, และ 53.92 ตามลำดับ ยกเว้นองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่พบว่า ก่อนและหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถสูงสุดอยู่ในระดับ 3 ซึ่งเป็นระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 53.92 และ 52.94 ตามลำดับ

สำหรับรายละเอียดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้งก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยยกตัวอย่างการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยจำแนกตามองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง

ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้าง เรื่อง แรงดันแก๊ส และการแพร่ของแก๊ส สูงสุดอยู่ในระดับ 3 ซึ่งทั้งสองเนื้อหาต้องการให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับสถานการณ์เกี่ยวกับแรงดันแก๊สในลูกโป่ง และการเปรียบเทียบการแพร่ของแก๊สโดยพิจารณาจากมวลและระยะทางในการเคลื่อนที่ของแก๊ส ซึ่งนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง และส่งผลให้หลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างสูงสุด เรื่อง แรงดันแก๊สและการแพร่ของแก๊ส อยู่ในระดับ 3 โดยเฉพาะเรื่อง แรงดันแก๊ส พบว่ามีจำนวนของนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 3 เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนด้วยภาพ 2 แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างก่อนเรียนของนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์เรื่อง แรงดันแก๊สในลูกโป่งโดยมีคำถามว่า เมื่อนักเรียนทดลองเป่าลูกโป่งในครั้งที่ 5 ลูกโป่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ซึ่งนักเรียน

สามารถระบุข้อกล่าวอ้างว่า “ลูกโป่งขยายใหญ่ขึ้นและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้น” และเป็นข้อกล่าวอ้างที่มีความถูกต้องและสอดคล้องกับคำถาม จึงจัดระดับความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับ 3

2. ลูกโป่งใบหนึ่งสามารถขยายตัว วัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้มากที่สุด 25 cm นำมาทำการทดลองโดยเป่าลมเข้าไปในลูกโป่ง ผลการสังเกตเป็นดังนี้

เป่าลูกโป่งครั้งที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่ง (cm)
1	11.3
2	15.8
3	20.4
4	24.8
5	????

นักเรียนพิจารณาข้อมูลการทดลองดังกล่าว และตอบคำถามต่อไปนี้

- 2.1 เมื่อนักเรียนเป่าลูกโป่งครั้งที่ 5 นักเรียนคิดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับลูกโป่ง

ตอบ ลูกโป่งขยายใหญ่ขึ้นและเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้น

ภาพ 2 แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

เช่นเดียวกับก่อนเรียน นักเรียนมีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างในระดับ 3 จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถหลังเรียนข้อที่ 2 ซึ่งเกี่ยวกับสถานการณ์เรื่อง แรงดันแก๊สในลูกโป่ง นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างว่า “ลูกโป่งขยายใหญ่ขึ้นกว่าครั้งอื่นๆ” เพราะเมื่อเป่าลูกโป่งในครั้งที่ 5 ขนาดของลูกโป่งขยายใหญ่ขึ้น จึงเป็นข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสอดคล้องกับคำถาม ดังแสดงในภาพ 3

2. ลูกโป่งใบหนึ่งสามารถขยายตัว วัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้มากที่สุด 25 cm นำมาทำการทดลองโดยเป่าลมเข้าไปในลูกโป่ง ผลการสังเกตเป็นดังนี้

เป่าลูกโป่งครั้งที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่ง (cm)
1	11.3
2	15.8
3	20.4
4	24.8
5	????

นักเรียนพิจารณาข้อมูลการทดลองดังกล่าว และตอบคำถามต่อไปนี้

- 2.1 เมื่อนักเรียนเป่าลูกโป่งครั้งที่ 5 นักเรียนคิดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับลูกโป่ง

ตอบ ลูกโป่งขยายใหญ่ขึ้นกว่าครั้งอื่นๆ

ภาพ 3 แสดงตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

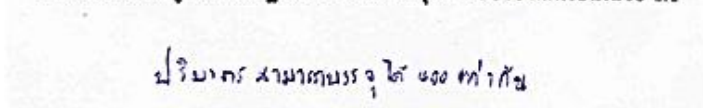
องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความยากลำบากในการให้ข้อมูลหรือหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองในเรื่อง รูปร่างและปริมาตรของแก๊สและแรงดันแก๊ส ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่จึงมีความสามารถในการให้หลักฐานอยู่ในระดับ 1 มีเพียงเนื้อหาเรื่อง การแพร่ของแก๊ส ที่มีความสามารถสูงสุดอยู่ในระดับ 2 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ให้ข้อมูลหรือหลักฐานไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง หรือเป็นการให้ข้อมูลที่ ไม่สอดคล้องกับคำถาม แต่เมื่อพิจารณาผลการวัดความสามารถหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถ

ในการให้หลักฐานสูงสุดอยู่ในระดับ 2 ทุกเรื่อง เนื่องจากนักเรียนสามารถนำหลักฐานที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ทำให้มีจำนวนร้อยละของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน

ภาพ 4 แสดงให้เห็นตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนของนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์เรื่อง รูปร่างและปริมาตรของแก๊ส ซึ่งนักเรียนได้มีการนำข้อมูลปริมาตรของภาชนะที่กำหนดให้มาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวของตนเอง โดยเขียนคำตอบว่า “ปริมาตรสามารถบรรจุได้ 400 เท่ากัน” แต่เนื่องจากเป็นหลักฐานที่ไม่สมบูรณ์ เพราะนักเรียนไม่ได้มีการระบุว่าปริมาตรดังกล่าวเป็นปริมาตรของภาชนะใด และไม่ได้มีการระบุหน่วยของปริมาตรให้ชัดเจน จึงถือว่าความสามารถในการให้หลักฐานดังกล่าวอยู่ในระดับ 1

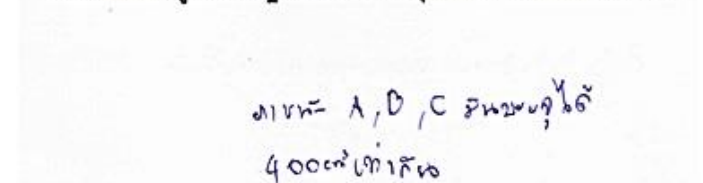
1.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1



ภาพ 4 แสดงตัวอย่างหลักฐานของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

และจากภาพ 5 แสดงให้เห็นคำตอบหลังเรียนของนักเรียนที่มีการนำข้อมูลที่กำหนดให้ในสถานการณ์มาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองว่า “ภาชนะ A, B และ C บรรจุได้ 400 cm³ เท่ากัน” ซึ่งคำตอบดังกล่าวแสดงถึงความสามารถในการให้หลักฐานในระดับ 2 เพราะนักเรียนนำหลักฐานที่แสดงว่า ภาชนะ A, B และ C มีปริมาตรที่สามารถบรรจุได้เท่ากันทั้งหมด แต่ยังเป็นหลักฐานที่ยังไม่สมบูรณ์ เพราะนักเรียนไม่ได้ระบุให้ชัดเจนว่าเป็นการบรรจุปริมาตรของสิ่งใด โดยคำถามนี้ต้องการให้นักเรียนระบุว่า ปริมาตรที่ภาชนะ A, B และ C สามารถบรรจุได้เท่ากันนั้นคือ ปริมาตรแก๊ส เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์เรื่องสมบัติของแก๊ส ที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างและปริมาตรของแก๊ส

1.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1



ภาพ 5 แสดงตัวอย่างหลักฐานของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

องค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลสูงสุดอยู่ในระดับ 1 ในทุกเรื่อง โดยเฉพาะเรื่อง แรงดันแก๊ส นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลที่สอดคล้องกับคำถาม หรือไม่สามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ แต่หลังเรียน ผลการวัดระดับความสามารถในการให้เหตุผลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถในการให้เหตุผลเรื่อง แรงดันแก๊ส อยู่ที่ระดับ 2

จากตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนในภาพที่ 6 สถานการณ์เรื่อง แรงดันแก๊ส นักเรียนให้เหตุผลว่า “แก๊สเข้าไปในลูกโป่ง ซึ่งสถานะของแก๊สสามารถฟุ้งกระจายไปตามภาชนะที่บรรจุทำให้ขนาดขยายใหญ่ขึ้น” ซึ่งเป็น

ความสามารถระดับที่ 1 เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมมาอธิบายสมบัติของแก๊ส เพื่อแสดงถึงสาเหตุที่ลูกโป่งขยายมากขึ้นกว่าเดิม

2.3 นักเรียนมีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อ
เชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 2.1 และ 2.2

ตอบ แก๊สที่ไปลูกโป่งซึ่งสภาพของแก๊สสามารถ
สามารถไปตามภาชนะ กับแรงทำในหลอดซึ่งใหญ่ขึ้น

ภาพ 6 แสดงตัวอย่างการให้เหตุผลของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

จากสถานการณ์เดียวกันข้างต้น พบว่า หลังเรียนนักเรียนให้เหตุผลได้ว่า “แก๊สมีพลังงานจลน์ทำให้มีแรงดันในการดันผนังลูกโป่งให้ขยายออกไป ทำให้ลูกโป่งใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ” ซึ่งเป็นการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับสถานการณ์ และแสดงถึงสาเหตุที่ทำให้ลูกโป่งมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากแก๊สมีแรงดัน ทำให้เมื่อเป่าลูกโป่งแต่ละครั้ง ปริมาตรของแก๊สในลูกโป่งจะเพิ่มขึ้น ลูกโป่งจึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่การให้เหตุผลดังกล่าวยังไม่แสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน จึงเป็นความสามารถในระดับ 2 ดังภาพ 7

2.3 นักเรียนมีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อ
เชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 2.1 และ 2.2

ตอบ สภาพของแก๊สมีพลังงานจลน์ทำให้มีแรงดันใน
การดันผนังลูกโป่งให้ขยายออกไป ทำให้ลูกโป่งใหญ่ขึ้น
เรื่อยๆ

ภาพ 7 แสดงตัวอย่างการให้เหตุผลของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และไม่เป็นอิสระต่อกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้สถิติแบบพารามิเตอร์ (Parametric statistics) เพื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired Samples t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการศึกษาแสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียน
จำแนกตามองค์ประกอบและภาพรวม เรื่อง สมบัติของแก๊ส โดยใช้สถิติ Paired samples Test

องค์ประกอบ	n	ก่อนเรียน $\bar{X}$ (S.D.)	หลังเรียน $\bar{X}$ (S.D.)	t-test	p
ข้อกล่าวอ้าง	34	4.29 (1.142)	4.26 (0.994)	-0.162	.872
หลักฐาน	34	1.68 (1.065)	2.65 (1.012)	5.498	.000*
การให้เหตุผล	34	0.82 (1.058)	2.09 (1.676)	5.114	.000*
รวมทุกองค์ประกอบ	34	6.79 (2.086)	9.00 (2.486)	5.484	.000*

* $p < 0.05$

จากตาราง 5 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในหลักฐาน การให้เหตุผล และผลรวมทุกองค์ประกอบ ส่วนข้อกล่าวอ้าง พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

การอภิปรายผล

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สมบัติของแก๊ส ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ในระดับ 1 (ระดับต่ำ) และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 (ระดับปานกลาง) ในองค์ประกอบหลักฐาน การให้เหตุผล และภาพรวมในทุกองค์ประกอบ ยกเว้นองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่พบว่า ก่อนและหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถสูงสุดอยู่ในระดับ 3 (ระดับสูง) ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง ก่อนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน เนื่องจากนักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องโดยใช้ความรู้เดิมเกี่ยวกับสมบัติของแก๊ส และเมื่อพิจารณาลักษณะของข้อกล่าวอ้างจะพบว่า ข้อกล่าวอ้างเป็นลักษณะของการตอบคำถามด้วยข้อความที่กระชับหรือประโยคสั้นๆ จึงเป็นองค์ประกอบที่ง่ายที่สุดต่อการตอบคำถามในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz-Primo, et al., 2010) ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบนี้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสององค์ประกอบ (หลักฐานและการให้เหตุผล)

ส่วนองค์ประกอบหลักฐาน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนไม่สามารถเลือกข้อมูล หรือหลักฐานที่สอดคล้องและเหมาะสมมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของตนเองได้ เนื่องจากความรู้เดิมหรือประสบการณ์ในการเลือกข้อมูลของนักเรียนยังไม่เพียงพอ และจากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองผ่านด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนำผลการทดลองมาใช้ในการสรุปผล ทำให้นักเรียนรู้จักเลือกข้อมูลหรือหลักฐานที่มีความเหมาะสมมาอ้างอิงในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ แต่มีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงมีความยุ่งยากในการเลือกข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการอ้างอิงและสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แม้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่านักเรียนมีระดับความสามารถและคะแนนเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน แต่เป็นระดับคะแนนที่ต่ำ

สำหรับองค์ประกอบการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนมีความยุ่งยากในการให้เหตุผล จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แม้ว่าคะแนนหลังเรียนจะสูงกว่าก่อนเรียนก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนหลังเรียนเปรียบเทียบกับก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถพัฒนาระดับความสามารถในการให้เหตุผลไปสู่ระดับ 3 ได้ เนื่องจากความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน ทำให้การให้เหตุผลแตกต่างกันไปด้วย กล่าวคือ ความรู้เดิมเป็นสิ่งที่มิอิทธิพลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน (Metz, 2000) หากนักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนก็จะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ หรือสามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม

และจากผลการวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์รวมทุกองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการสร้าง

ความหมายของการอธิบายซึ่งประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล ผ่านการสร้างแบบจำลองที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองในกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของแก๊สมากขึ้น ผลการวิจัยนี้จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najantad (2015) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากกิจกรรมการทดลอง จนนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแม้ว่าหลังเรียนนักเรียนจะมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แต่ในองค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผลยังเป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียน เนื่องจากในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมักจะให้หลักฐานที่ไม่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและระบุเหตุผลที่ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ (McNeill, et al., 2006) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการทดลอง ข้อมูลหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างส่วนใหญ่จึงเป็นข้อมูลผลการทดลองที่ได้จากการสังเกต ซึ่งอาจส่งผลต่อการให้เหตุผลของนักเรียนในการอธิบายในระดับอนุภาคได้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นครูจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ผลการวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างของนักเรียนก่อนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการองค์ประกอบดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น จึงควรมีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ และนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบสถานการณ์ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของนักเรียน

1.2 ในองค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผลยังเป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียน ฉะนั้นในการส่งเสริมองค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผล เพื่อให้นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการอธิบายอยู่ในระดับที่ดีขึ้น ครูผู้สอนจึงควรให้คำแนะนำแก่นักเรียนถึงความสำคัญของการนำหลักฐานที่มาสสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและแนวทางการให้เหตุผลที่สอดคล้องหรือสามารถเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยการประเมินและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

1.3 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการทดลอง ข้อมูลหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างส่วนใหญ่จึงเป็นข้อมูลผลการทดลองที่ได้จากการสังเกต จึงไม่สามารถส่งเสริมการอธิบายในระดับอนุภาคให้แก่นักเรียนได้ ดังนั้นครูผู้สอนควรมีการนำสื่อการเรียนรู้อื่นๆ มาใช้ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายความเข้าใจในระดับอนุภาคได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผู้วิจัยควรเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดหรือความเข้าใจของนักเรียน และทำให้ผู้วิจัยทราบว่านักเรียนมีการนำหลักฐานจากการปฏิบัติการทดลองมาใช้ในการระบุข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลอย่างไรในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ที่กำหนด

2.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่เน้นปฏิบัติการทดลอง จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาอื่นได้ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเรียนรู้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างความรู้ผ่านแบบจำลอง

2.3 เนื่องจากการอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ดังนั้นครูควรฝึกฝนนักเรียนอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้แก่ นักเรียนมากขึ้น

References

- Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-school science students' scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238.
- Campbell, D. T., Stanley, J. C., & Gage, N. L. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research* (pp. 171-246). Boston: Houghton Mifflin.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Hestenes, D. (2010). *Modeling theory for math and science education*. In R. Lesh, C. R. Haines, P. L. Galbraith, & A. Hurford (Eds.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies* (pp. 13-41). US: Springer.
- Kijkuakul, S. (2013). Nature of science and its learning benchmarks. *Journal of Education Naresuan University*, 15(2), 137-142. (in Thai)
- Kijkuakul, S., Yutakom, N., & Engkagul, A. (2005). Grade 11 students' understandings about the nature of science. *Kasetsart Journal: Social Sciences*, 26(2), 133-145. (in Thai)
- Lehrer, R., & Schuabale, L. (2006). *Cultivating model-based reasoning in science education*. In R.K. Sawyer (Ed.), *Handbook of the learning sciences* (pp. 371-387). New York, USA: Cambridge University Press.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.

- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). *Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning*. In Luft, J., Bell, R. and Gess-Newsome, J. (Eds.). *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 121-134). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Metz, K. E. (2000). *Young children's inquiry in biology: Building the knowledge bases to empower independent inquiry*. In J. Minstrell and E. van Zee (Eds.) *Inquiring into inquiry in science learning and teaching* (pp. 371-404). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Najantad, N. (2015). *Enhancing grade 10 students' scientific explanation and scientific modeling using model-based inquiry on solid, liquid and gas*. (Master thesis, Khon Kaen University). (in Thai)
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: The National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Neilson, D., Campbell, T., & Allred, B. (2010). Model-based inquiry in physics: A buoyant force module. *The Science Teacher*, 77(8), 38-43.
- Office of the Basic Education Commission. (2008). *The basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Bangkok: Council Printing House. (in Thai)
- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S. P., & Schneider, J. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Student, Scientific Explanations and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583-608.
- Seekuancha, N., & Pimthong, P. (2013). The study of grade 7 students' conceptions about substances and their categorization. *KKU Res J HS (GS)*, 1(3), 1-9. (in Thai)
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(3), 1-27.