



ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถใน
การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

EFFECTS OF CHEMISTRY TEACHING STRATEGY USING THE PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN
SEQUENCE ON THE ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF
TENTH GRADE STUDENTS

นายกฤตกร สภาสันติกุล *

Krittakorn Sapasuntikul

อ.ดร. ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ **

Parinda Limpanont Phommarata, Ed.D.

อ.ดร. พร้อมพงค์ เพียรพิณิจธรรม ***

Prompong Pienpinijham, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีจุดประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน (3) เพื่อศึกษาความมีเหตุผลของนักเรียนหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน และ (4) เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี (14.24 คะแนน จาก 24 คะแนน) เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบาย พบว่า ข้อกล่าวอ้าง (6.24 คะแนน จาก 8 คะแนน) และหลักฐาน (4.72 คะแนน จาก 8 คะแนน) อยู่ในระดับดี ส่วนการให้เหตุผล (3.28 คะแนน จาก 8 คะแนน) ยังอยู่ในระดับควรปรับปรุง (2) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบาย พบว่า ทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผล คิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่าทั้ง 5 ลักษณะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (4) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่า มีเพียง 1 ลักษณะ คือ แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* นิสิตมหาดบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: golfgolfgolfgolf100@gmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Parinda.L@chula.ac.th

***อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Prompong.P@chula.ac.th

ISSN1905-4491

Abstract

This study was a pre-experimental research. The purposes of this study were to: (1) study the scientific explanation making ability of students who learned through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence; (2) compare the scientific explanation making ability of students, before and after learning through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence; (3) study the rationality of students who learned through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence; and (4) compare the rationality of students, before and after learning through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence. The sample was one class in the Mathematics-Science program of tenth grade students of a medium-sized school.

The research findings can be summarized as follows: (1) The students had the mean score for the scientific explanation making ability at a good level (score 14.24 out of 24). Classifying each component of scientific explanation, the mean score of claim making (score 6.28 out of 8) and identifying evidence (score 4.72 out of 8) were at the good level. However, the reasoning (score 3.28 out of 8) was at the needs improvement level. (2) The students had a mean score of ability in scientific explanation making after the experiment higher than before the experiment at the .05 level of significance in every component of scientific explanation. (3) The students had a mean score of rationality at 84.13 percent which was higher than the criterion score set at 80 percent in every component of rationality. (4) The students had a mean score of rationality after the experiment not statistically different from before the experiment at a .05 level of significance. However, one component of rationality -“finding the cause of an event and demonstrating the relationship between the cause and effect of phenomena”- had a mean score after the experiment higher than before the experiment at a .05 level of significance.

คำสำคัญ: กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน/ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ความมีเหตุผล

KEYWORDS: CHEMISTRY TEACHING STRATEGY USING THE PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN SEQUENCE / SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING / RATIONALITY

บทนำ

การจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน มีเป้าหมายเพื่อให้พลเมืองรอบรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่งการรอบรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้และความเข้าใจโมทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำมาสู่การตัดสินใจเลือกปฏิบัติของแต่ละบุคคล และมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996) การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนรอบรู้วิทยาศาสตร์นั้น จะต้องเกิดขึ้นในห้องเรียนที่มีชีวิตชีวา นักเรียนสร้างความรู้และความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐาน และสามารถใช้ความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ สร้างข้อสรุปจากหลักฐาน ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของพลเมืองโลก (OECD, 2009) มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและสรุปประเด็น เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องของปัญหาโดยผ่านการสร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งสอดคล้องกับมุมมองของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เปลี่ยนจากการสำรวจและค้นหา เป็นการสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้ง (Duschl, 2007)

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นอีกหนึ่งในความสามารถที่ช่วยส่งเสริมการรอบรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบที่สำคัญ คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) (McNeil & Krajcik, 2008) พฤติกรรมบ่งชี้ที่สำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ การประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น รวมถึงการระบุค่าบรรยาย คำอธิบายที่เหมาะสม นักเรียนมีโอกาสสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการสืบสอบ นักเรียนสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่สาธารณชนในสังคมวิทยาศาสตร์และแวดวงใกล้เคียง ภายใต้ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่ เหล่านี้จะนำไปสู่การรอบรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน (OECD, 2012)

จากการศึกษาพบว่า นักเรียนไทยยังประสบปัญหาในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการประเมินคุณภาพนักเรียนในระดับนานาชาติ โครงการ PISA (Program for International Student Assessment) ที่จัดโดยองค์การความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) โดยเป็นการประเมินนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งจบการศึกษาภาคบังคับว่าจะสามารถนำความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้จริงในอนาคต ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อความรู้ได้มากน้อยเพียงใด โดยมีสมรรถนะ (Competency) ที่สำคัญได้แก่ การระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Identify scientific issues) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) และการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Use scientific evidence) ซึ่งทั้งสามส่วนนักเรียนจำเป็นที่จะต้องเขียนอธิบาย และแสดงเหตุผลโดยใช้หลักฐานสนับสนุนได้ ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ 444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานที่ 501 คะแนน โดยสัดส่วนของนักเรียนไทยที่รอบรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานยังคงมีอยู่ถึงหนึ่งในสาม (34%) (OECD, 2012) แสดงให้เห็นว่าความสามารถของนักเรียนไทยในการอธิบายความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์และสรุปความรู้จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยังอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะในส่วนของ การแสดงผลสนับสนุน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeil et al.(2006) ที่สรุปว่า การให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ฝึกฝนได้ยากที่สุดสำหรับนักเรียน เพราะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

ด้วยปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานสำคัญที่จะนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเขียนและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ วิธีการที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนได้มีโอกาสสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติ นำมาสู่การสร้างข้อสรุปจากหลักฐาน (Olson & Loucks-Horsley, 2000) ซึ่งการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบและหลากหลายแนวคิด แต่การวิจัยนี้เน้นการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ตามกลวิธีการทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน (Predict-Observe-Explain Sequence : POE Sequence) ของ Haysom & Bowen (2010)

กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลวิธีการสอนซึ่ง Haysom & Bowen (2010) พัฒนามาจากกลวิธีการสอนการทำนาย การสังเกต การอธิบาย (Predict-Observe-Explain : POE) ของ Gunstone and White (1981) โดยปรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งระบุบทบาทของนักเรียนให้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น กลวิธีใหม่นี้ เป็นกลยุทธ์ที่จะช่วยส่งเสริมการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ของนักเรียน โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ 2) การนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง 3) การทำนาย 4) การอธิบายสิ่งที่ทำนาย 5) การสังเกต 6) การอธิบาย 7) การให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 8) การติดตามผล โดยนักเรียนมีโอกาสที่จะสร้างคำอธิบายของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนคำอธิบายที่นักเรียนสร้างกับเพื่อนในกลุ่ม และทั้งชั้นเรียน นักเรียนต้องระบุหลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อประกอบคำอธิบาย รวมไปถึงนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างไปเปรียบเทียบกับคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบให้มีความชัดเจน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน นอกจากจะพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังน่าจะช่วยพัฒนาคุณลักษณะด้านความมีเหตุผลได้ โดยความมีเหตุผล เป็นคุณลักษณะของนักเรียนในการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีเหตุผลมารองรับ และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2537; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ประกอบด้วย 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) เชื่อมันและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล 2) แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ 3) ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

4) แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ และ 5) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Billech & Zakhinadas, 1975; ภพ เลหาไพบูลย์, 2537; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2548; สสวท, 2555) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีงานวิจัยที่พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล แต่มีตัวแปรต้นที่แตกต่างกัน ดังงานวิจัยของ สันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และมีการศึกษางานวิจัยที่ใช้กลวิธีการสอน POE ที่พัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังงานวิจัยของ ปพิชญา ปากเมย (2556) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสอนโดยใช้วิธีการสอน การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย แต่ยังไม่ม้งานวิจัยใดที่ได้ศึกษากลวิธีการสอน POE sequence มาก่อน จึงนำมาสู่การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลในงานวิจัยนี้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยคิดว่า ขั้นตอนของกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และเขียนคำอธิบายโดยอาศัยหลักฐาน และการให้เหตุผล นักเรียนมีโอกาสสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้าง แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งจะส่งเสริมให้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีชีวิตชีวาและเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการสืบสอบเป็นฐาน สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงเป็นที่มาของงานวิจัย เรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน
3. เพื่อศึกษาความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน
4. เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้

การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลก่อนและหลังการทดลอง

1. การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน ที่โรงเรียนอนุญาตให้ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งใช้วิธีการเลือกอย่างเจาะจง

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่อง แบบจำลองอะตอม จำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการสอน 17 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ซึ่งตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.5-1.0

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะข้อสอบเขียนอธิบายคำตอบ จำนวน 4 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องแบบจำลองอะตอม และวัตถุประสงค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างตามแนวคิดของ McNeil & Krajcik (2008) ซึ่งได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (claim) หลักฐาน (evidence) และการให้เหตุผล (reasoning) การตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัด ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 หลังจากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียน 28 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อปรับความเหมาะสมของการใช้ภาษา

2.2.2 แบบวัดความมีเหตุผล เป็นแบบทดสอบเชิงสถานการณ์ แบบเลือกตอบ โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Haney (1969) และโชติ เพชรชื่น (2526) คือ 1) สถานการณ์ โดยกำหนดสถานการณ์ที่สะท้อนลักษณะของความมีเหตุผล 5 คุณลักษณะ ได้แก่ (1) เชื่อมมัน และเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล (2) แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ 3) ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ 4) แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ และ 5) ตรวจสอบ

ความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นแบบวัดความมีเหตุผลนี้ ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์ 2) ข้อคำถาม ในแต่ละสถานการณ์ ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ซึ่งเป็นการถามความคิดเห็น การปฏิบัติ และการเลือกปฏิบัติของผู้ตอบในแนวทางต่างๆ และ 3) ตัวเลือกในแต่ละข้อคำถาม โดยแต่ละข้อคำถามมี 3 ตัวเลือก ซึ่งมีระดับความเข้มของคำตอบแตกต่างกัน การตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัด ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 หลังจากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียน 28 คน ซึ่งไม่ใช่ตัวอย่างวิจัย เพื่อปรับความเหมาะสมของการใช้ภาษา

2.2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยระบุพฤติกรรมความมีเหตุผลจากลักษณะความมีเหตุผลทั้ง 5 ประการ สะท้อนพฤติกรรมความมีเหตุผลทั้งหมด 10 รายการ มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน ได้แก่ 1) พุดแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆโดยมีเหตุผลมารองรับ 2) อธิบายข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล โดยปราศจากอคติส่วนบุคคล 3) ตั้งคำถามหรือระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล 4) ทำนายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เหตุผลประกอบการทำนาย 5) อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือการทดลอง 6) ร่วมกันอภิปรายซักถามกับเพื่อนร่วมชั้นในประเด็นต่างๆก่อนที่จะยอมรับข้อมูลนั้นๆ 7) เปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน 8) ค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อสนับสนุนความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ 9) ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป และ 10) ใช้บทเรียน สื่อประกอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมนั้น ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.5-1.0

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลกับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลารวม 21 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็นก่อนดำเนินการทดลอง 2 คาบ ระหว่างการทดลอง 17 คาบ และหลังการทดลอง 2 คาบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยใช้เวลา 30 นาที ในการแนะนำกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของกลวิธี ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้ เกณฑ์การให้คะแนนและประเมินผล จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคลก่อนการทดลองด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 40 นาที และแบบวัดความมีเหตุผล 30 นาที

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้วิถีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต และการอธิบายอย่างมีขั้นตอน โดยใช้เวลาในการทดลอง 5 สัปดาห์ จำนวน 17 คาบ คาบละ 50 นาที จำนวน 8 แผน ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 เนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบของกิจกรรมการเรียนการสอน

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1	แนวคิดในการสร้างแบบจำลองอะตอม	2
2	แบบจำลองอะตอมของดอลตัน	1
3	การศึกษาอนุภาคในหลอดรังสี	3
4	แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	2
5	อนุภาคมูลฐานของอะตอม	2
7	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัม	2
8	สเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย	3
	รวม	17

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

3.2.1 สังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียนตามลักษณะของความมีเหตุผล โดยสังเกตกับตัวแทนนักเรียน 6 คน โดยสุ่มนักเรียนที่มีคะแนนความมีเหตุผลก่อนทดลองแตกต่างกัน จำนวน 5 ครั้ง และจดบันทึกพฤติกรรมที่ตัวแทนนักเรียนแสดงออกเพิ่มเติม

3.2.2 การจัดทำบันทึกหลังสอน โดยบันทึกผลการเรียนรู้ กระบวนการที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ความรู้ที่นักเรียนได้รับทั้งในวิชาเคมีและอื่นๆ รวมถึงพฤติกรรมของนักเรียนขณะจัดการเรียนรู้

3.2.3 การให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิด โดยเขียนในประเด็นสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมี สิ่งที่ได้เรียนรู้นอกเหนือจากวิชาเคมี ความรู้สึกของผู้เขียนและต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู รวมไปถึงสิ่งที่ยังสงสัยอยู่

3.3 ขั้นตอนหลังการทดลอง

เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 17 คาบแล้ว ดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความมีเหตุผล โดยใช้เวลา 40 นาที และ 30 นาทีตามลำดับ ซึ่งทั้งสองแบบวัดเป็นเครื่องมือฉบับเดียวกับก่อนทดลอง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.1.1 หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นำผลคะแนนไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และกำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ควรปรับปรุง (0-12 คะแนน) ดี (13-18 คะแนน) และดีมาก (19-24 คะแนน)

4.1.2 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวัดความมีเหตุผล

4.2.1 หาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียน นำค่าเฉลี่ยร้อยละไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 80

4.2.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลองด้วยสถิติทดสอบที (t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

4.2.3 วิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์พฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียน เพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้จากแบบวัด

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน คือ ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ร้อยละของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ร้อยละของ \bar{X} ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า t ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลอง (n=29)

คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	\bar{X}	ร้อยละของ \bar{X}	S.D.	t ^a
ก่อนทดลอง	6.20	25.88	3.76	11.549*
หลังทดลอง	14.24	59.33	3.72	

* P < .05

^a One-tailed dependent t-test.

ก่อนทดลอง คະแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับควรปรับปรุง

หลังทดลองพบว่า คະแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี เมื่อเปรียบเทียบคະแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

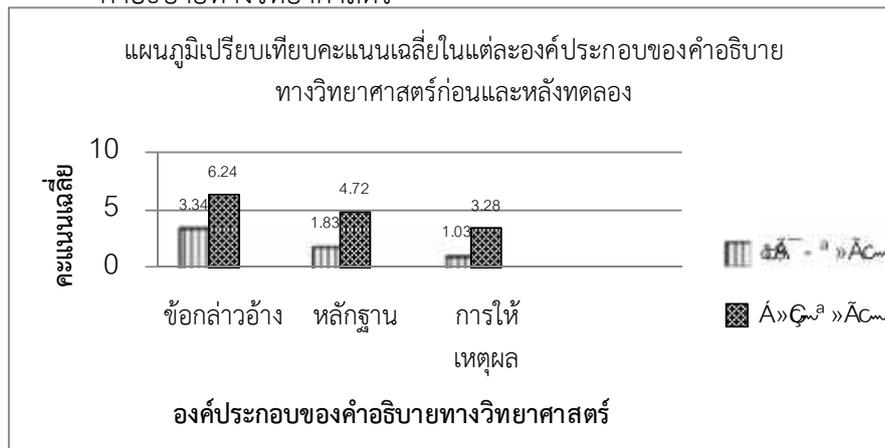
เมื่อพิจารณาจากข้อคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของสาร โดยมีบุคคลชื่อคีวีซเผาสารประกอบชนิดต่างๆ กัน และใช้สเปกโตรสโคปส่องดูสีของเส้นสเปกตรัมที่เกิดจากสารประกอบแต่ละชนิด โดยมีคำสั่งให้นักเรียนระบุธาตุที่องค์ประกอบ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและให้เหตุผลประกอบ แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในตารางที่ 3

ตาราง 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนก่อนและหลังทดลองของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของสาร

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1. ข้อกล่าวอ้าง	สารประกอบที่คีวีซนำมาเผาว่าจะมีธาตุแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ	สารประกอบที่มีธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ
2. หลักฐาน	จากตารางสรุปผลการทดลองด้านบน จะเห็นได้ว่าสาร $CaCl_2$ และ $CaCO_3$ ได้ผลการทดลองออกมาตรงกับสารปริศนาที่คีวีซนำมาทดลอง	เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ให้สีของเปลวไฟเป็นสีแดงอิฐ และสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงเข้ม
3. การให้เหตุผล	ซึ่งสีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมในตารางตรงกับสีของเปลวไฟและสีเส้นสเปกตรัมที่คีวีซสังเกตด้วยตาเปล่า และใช้สเปกโตรสโคปส่องดู	ซึ่งสารประกอบที่มีโลหะชนิดเดียวกัน ให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมเหมือนกัน ถ้าสารประกอบใดๆ ที่มีโลหะ Ca สีของเส้นสเปกตรัมจะเป็นสีแดงเข้ม และสีของเปลวไฟจะเป็นสีแดงอิฐ

เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบคະแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าทุกองค์ประกอบมีคະแนนสูงขึ้น แสดงดังแผนภาพที่ 1

แผนภาพ 1 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ก่อนและหลังทดลองของคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์



ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนความมีเหตุผล โดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า t ของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลอง (n=29)

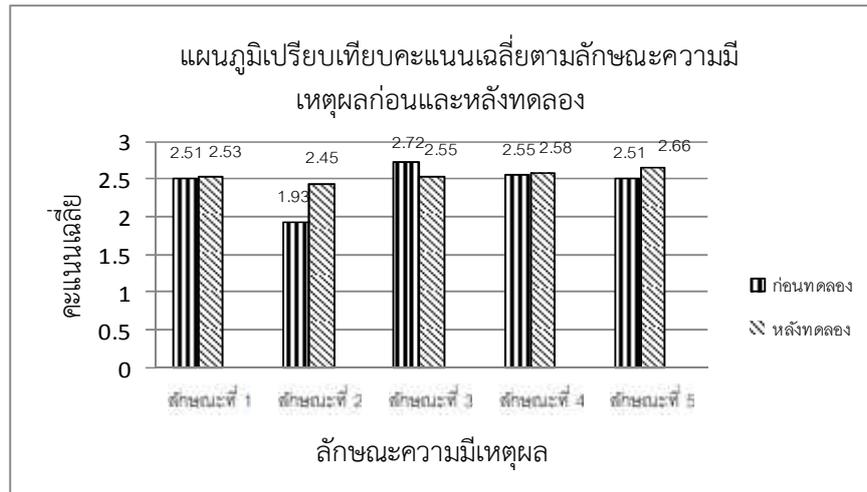
ความมีเหตุผล	\bar{X}	\bar{X} ร้อยละ	S.D.	t ^a
ก่อนทดลอง	12.24	81.60	2.25	0.97
หลังทดลอง	12.62	84.13	2.40	

ก่อนทดลอง ผู้วิจัยได้วัดความมีเหตุผลของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความมีเหตุผล พบว่า คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 81.60

หลังทดลอง คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลคิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนก่อนและหลังทดลอง พบว่า แม้ว่าคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างจากคะแนนเฉลี่ยก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากนั้นทำการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของความมีเหตุผลในแต่ละลักษณะ และเปรียบเทียบคะแนนลักษณะความมีเหตุผลของนักเรียนทั้ง 5 ลักษณะ แสดงดังแผนภาพที่ 2

แผนภาพ 2 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ก่อนและหลังทดลองของคะแนนในแต่ละลักษณะของความมีเหตุผล



เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยลักษณะความมีเหตุผลทั้ง 5 ก่อนและหลังการทดลอง พบว่ามีเพียงแค่ 1 ลักษณะ คือ แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ที่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนลักษณะความมีเหตุผลอื่นๆไม่แตกต่างจากก่อนทดลอง

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 10 พฤติกรรม ที่สอดคล้องกับลักษณะความมีเหตุผล สามารถสรุปการแสดงออกของนักเรียนในแต่ละพฤติกรรม แสดงดังตัวอย่างพฤติกรรมต่อไปนี้

(1) พุดแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆโดยมีเหตุผลมารองรับ

ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่พูดหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในขั้นตอนต่างๆของการสอน โดยในขั้นตอนการทำนายยังไม่มีกระบวนการระบุเหตุผลประกอบการทำนายมากนัก ในขั้นตอนการสังเกต พบว่ามีนักเรียนเสนอคำตอบโดยมีเหตุผลสนับสนุนคำตอบมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การพุดแสดงเหตุผลของนักเรียนขึ้นอยู่กับลำดับของคำถามของครูที่ใช้กระบวนการเรียนการสอน ดังแสดงคำตอบของนักเรียนเลขที่ 5

- ครู *“ลักษณะภายในกล่องปริศนาที่ได้จากการสังเกต มีลักษณะอย่างไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น”*
- นักเรียนเลขที่ 5 *“ภายในกล่องปริศนาเป็นพื้นที่ว่าง เพราะเมื่อใช้ลวดเสียบปรากฏว่าสามารถทะลุไปอีกด้านหนึ่งของกล่องได้ และภายในกล่องมีกระดิ่งอยู่ เพราะเมื่อใช้ไฟฉายส่องแล้วสามารถมองเห็นเป็นลูกกลมๆ เมื่อใช้ลวดเขี่ยแล้วได้ยินเสียงเหล็กกระทบกัน”*

(2) อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือการทดลอง

ผลการสังเกตปรากฏว่า เมื่อนักเรียนผ่านขั้นตอนการสังเกตจากกิจกรรมหรือการทดลองแล้ว เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนอธิบาย นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายผลโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น มีการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาระบุและอธิบายความสัมพันธ์ได้

- ครู *“จากวิดิทัศน์ เรื่อง colour in white light เมื่อให้แสงอาทิตย์ผ่านปริซึม จะสังเกตเห็นอะไรบ้าง”*
- นักเรียน 1 *“แสงจากดวงอาทิตย์เกิดการแยกออกเป็นแสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง”*
- ครู *“แสงสีต่างๆที่เกิดการแยกออกมาเกิดจากคุณสมบัติใดของแสง”*
- นักเรียน 2 *“การหักเหของแสงผ่านปริซึม”*
- นักเรียน 3 *“แสดงว่าแสงสีแต่ละชนิดมีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน โดยแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด แต่มีความถี่น้อยที่สุด”*

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ จำแนกเป็น 2 ประเด็น คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่านักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 14.24 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับความสามารถดี และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการที่หนึ่ง กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลวิธีที่ประกอบด้วยกิจกรรมการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในหลายขั้นตอน ซึ่งมีลักษณะและรูปแบบของการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ในขั้นตอนการสังเกต นักเรียนต้องเขียนในลักษณะการบรรยายขั้นอธิบาย มีการเขียนในลักษณะอภิปรายผลและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสังเกต และนำมาสู่การเขียนคำตอบในลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องสามารถระบุหลักฐานจากกิจกรรม และแสดงเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ ซึ่งล้วนแล้วแต่ประกอบด้วย การเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญ ซึ่ง Yang and Wang (2014) อธิบายไว้ว่า การเขียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการช่วยให้เกิดความตื่นตัวในการสร้างข้อมูลและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป นำไปสู่การสร้าง

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang and Wang (2014) ที่พัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านรูปแบบการเขียน DCI model ซึ่งขั้นตอนของการเขียน DCI model มีความคล้ายคลึงกับ POE sequence ที่นักเรียนต้องเขียนอธิบาย แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของปรากฏการณ์ โดยระบุหลักฐานที่ได้จากการสังเกตสนับสนุนคำตอบ ซึ่ง DCI model ประกอบด้วย การเขียนทางวิทยาศาสตร์ใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสังเกตปรากฏการณ์และเขียนคำอธิบาย โดยการบรรยายและพรรณนา 2) การเขียนผังมโนทัศน์ และ 3) การเขียนคำอธิบายโดยการแปลความหมาย ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเขียน DCI model มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ .05

ประการที่สอง กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่นักเรียนต้องฝึกฝนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสร้างและวิเคราะห์คำอธิบายที่สร้าง รวมทั้งสามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยข้อมูลที่ได้จากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากการสังเกตปรากฏการณ์จากกิจกรรมหรือการทดลอง นักเรียนมีการเก็บรวบรวมหลักฐานหรือข้อมูลประกอบ เพื่อนำไปสู่การตอบคำถามของปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสร้างคำอธิบายในขั้นตอนต่อไป สอดคล้องกับสุริรัตน์ จุ้ยกระยาง (2555) ที่กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายที่มีประสิทธิภาพ นักเรียนต้องสร้างคำอธิบายจากกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับการให้เหตุผลที่มาจาก การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยก่อนที่นักเรียนจะระบุหลักฐานสนับสนุนได้นั้นต้องมีการแลกเปลี่ยนหลักฐานที่แต่ละคนแสดง ประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของหลักฐานร่วมกันภายในกลุ่ม การที่นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่ม เจาะหาข้อสรุปของคำตอบของกลุ่ม สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เน้นความสำคัญและบทบาทของสังคมและวัฒนธรรม โดยการเรียนรู้เกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างเด็ก ผู้ใหญ่และเพื่อนที่อยู่ในสังคม และเมื่อสมาชิกในกลุ่มมีความคิดเห็นที่แตกต่างออกไป สมาชิกสามารถคัดค้านหรือโต้แย้ง แต่ต้องเสนอหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบของตนเอง เพื่อชักจูงให้สมาชิกคนอื่นคล้อยตามกับคำโต้แย้ง

ประการที่สาม กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนเอื้อให้นักเรียนต้องทำนายผลของสถานการณ์ที่กำหนดให้ และนำมาสู่ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนอาจสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกหรือผิดไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ แต่เมื่อนักเรียนได้สังเกตและรวบรวมหลักฐาน นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างข้อกล่าวอ้างของตนเองกับหลักฐานที่มี ทำให้นักเรียนจัดลำดับความคิดและทบทวนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐานมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Fensham and Kass (1988) ที่กล่าวไว้ว่าเมื่อสิ่งที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ไม่ตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้จากการสังเกต จะเกิดความไม่สมดุล เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นแรงกระตุ้นสำหรับการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีความพยายามค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งเหตุผลสนับสนุนว่าเพราะเหตุใดจึงไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในส่วนของข้อกล่าวอ้างมากที่สุด รองลงมา คือ หลักฐาน และการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นการเขียนตอบคำถาม เพื่อให้ได้ใจความที่กระชับและชัดเจน ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่นักเรียนได้จากการศึกษาโดยตรง นักเรียนที่มีความเข้าใจในโมทัศน์สูง สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจในโมทัศน์ต่ำ ส่งผลให้คะแนนข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ต่อมาหลักฐานเป็นส่วนที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์และค้นหาหลักฐาน ประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของหลักฐาน จึงยากที่จะฝึกนักเรียนให้ประเมินหลักฐานได้อย่างถูกต้องภายในระยะเวลาอันสั้น ส่วนการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยการให้เหตุผลเป็นสิ่งที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน หากนักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานไม่ถูกต้อง จะส่งผลให้เหตุผลที่นักเรียนแสดงผิดไปด้วย รวมทั้งการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์นักเรียนต้องอาศัยโมทัศน์ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง ส่งผลให้คะแนนในองค์ประกอบนี้ยังพัฒนาได้ไม่ดีเท่าที่ควรจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeil et al.(2006) ที่สรุปจากผลการทดลองว่า การให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ฝึกฝนยากที่สุดสำหรับนักเรียน เพราะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

2. ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความมีเหตุผล

ผลการวิจัยสรุปว่านักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผล 12.62 คะแนน ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 และมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

เนื่องจากกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สอดคล้องกับ Olson and Loucks-Horsley (2000) ซึ่งกล่าวว่า การสืบสอบเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติ ตั้งคำถาม และนำมาสู่การสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานและเหตุผล ในทุกขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ขั้นการทำนาย นักเรียนมีโอกาสฝึกการให้เหตุผลประกอบ แม้ว่าอาจจะมีหลักฐานและเหตุผลน้อยมาก ในขั้นอธิบาย นักเรียนต้องมีการแสดงเหตุผลเพื่อยืนยันสิ่งที่ได้จากการสังเกต เมื่อเกิดการโต้แย้งกันภายในกลุ่ม แต่ละคนต้องระบุเหตุผลที่น่าเชื่อถือ เพื่อชักจูงให้สมาชิกในกลุ่มคล้อยตามกับคำตอบของตนเอง จึงเป็นโอกาสของนักเรียนในการพูดแสดงความคิดเห็นและระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากคะแนนความมีเหตุผล พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 80 แต่ไม่มีความแตกต่างกับก่อนการทดลอง อาจเป็นเพราะธรรมชาติของเนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่อง แบบจำลองอะตอม มีลักษณะเชิงบรรยายประวัติศาสตร์ของการศึกษาเกี่ยวกับอะตอมในยุคสมัยต่างๆ ซึ่งอาจจะไม่เอื้อให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลที่มาสนับสนุนคำตอบของนักเรียนได้ดี นอกจากนี้การพัฒนาความมีเหตุผลจำเป็นต้องอาศัยการคิดขั้นสูง นักเรียนต้องมีโน้ตค้นพื้นฐานที่ถูกต้อง นำไปสู่การคิดวิเคราะห์หาเหตุผลที่สนับสนุนข้อความรู้ จึงต้องอาศัยระยะเวลาในการฝึกฝนกระบวนการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งระยะเวลาทดลองเพียงแค่ 17 คาบอาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่จะพัฒนาความมีเหตุผล สอดคล้องกับงานวิจัยของพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ (2556) ที่พัฒนาความมีเหตุผลของนักเรียนผ่านรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ใช้เวลาในการทดลอง 30 คาบ และสันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่ใช้เวลา 25 คาบในการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง จึงจะสามารถพัฒนาความมีเหตุผลของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูหรือนักการศึกษาที่สนใจจะนำกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนไปปรับใช้ในห้องเรียน ควรปรับให้เข้ากับบริบทของห้องเรียนและธรรมชาติของเนื้อหาวิชาต่อไป

1.2 ครูควรนำกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนไปใช้ร่วมกับวิธีการสอนที่ใช้อยู่ โดยอาจจะศึกษาหรือพัฒนาตัวแปรมิติเดียวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ในระหว่างการวิจัยพบว่า มีนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับการเป็นผู้มีจิตวิทยาศาสตร์หลายประการ ดังนั้นอาจจะศึกษาและพัฒนาตัวแปรในมิติเดียวกับความมีเหตุผล

2.2 การพัฒนาความมีเหตุผลของนักเรียนจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนคาบ เพื่อให้สามารถเห็นผลการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังทดลองได้อย่างชัดเจน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- โชติ เพชรชื่น. (2526). *แบบทดสอบสถานการณ์การวัดผลการศึกษา 2* (กันยายน-ธันวาคม): 7-17
- ปพิชญา ปากเมย. (2556). *การเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- พรเทพ จันทราอุกฤษณ์. (2556). *การพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิชย์.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สืบค้นจาก http://www.3ipst.ac.th/files/PISA2009_A.pdf
- สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่11.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุรรัตน์ จุ้ยกระยาง. (2555). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อทัศนคติเรื่องบรรยากาศและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. *วารสารศึกษาศาสตร์*, ๔(1), 2550-2562

ภาษาอังกฤษ

- Billech & Zakhinadas. (1975). *Scientific Attitude Scientific Aptitude and Achievement*. Discovery Publishing House.
- DusChl R. A. (Ed.) (2007). *Taking science to school: Learning and teaching in grade K-8*. Washington DC: National Research Council.
- Fensham, P. J., & Kass, H. (1988). Inconsistent or discrepant events in science instruction.
- Gunstone, R. F., & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65(3), 291-299.
- Haney, R. E. (1969). The Development of Scientific Attitudes. *The Science Teacher*, 30, 33-35.
- Haysom, J., & Bowen, M. (2010). *Predict, observe, explain: Activities enhancing scientific understanding*. NSTA 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). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.
- National Research Council (Ed.). (1996). *National science education standards*. National Academy Press.
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2009). *PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science*. Retrieved from <http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf>
- Organization for Economic Co-Operation and Development. (2012). *PISA scientific literacy: Pisa 2012 assessment and analytical framework*. OECD. Retrieved from <http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf>
- Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
- Yang, H.-T., & Wang, K.-H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education*, 44(4), 531-548.

