

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

A STUDY OF SCIENTIFIC CONCEPTS AND CONSTRUCTING SCIENTIFIC MODEL ABILITY USING MODEL-BASED LEARNING FOR 12th GRADE STUDENTS

Received: October 25, 2018

Revised: December 21, 2018

Accepted: December 24, 2018

นิโลบล หลักหาญ^{1*} ธนาวุฒิ ลาตวงศ์² และภัทรพร ชัยประเสริฐ³
Nilobon Lakhan^{1*} Thanawuth Latwong² and Pattaraporn Chaiprasert³

^{1,2,3}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

^{1,2,3}Faculty of Education, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

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

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โปรแกรมการเรียนสายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แผนการจัดการเรียนรู้ปกติ 3) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Abstract

The purposes of this research were to compare scientific concepts and constructing scientific model ability of 12th grade students after using model-based learning with traditional instruction and to compare scientific concepts and constructing scientific model ability before and after using model-based learning. The sample were two classrooms of twelfth grade students from High School in Chonburi. The research instruments consisted of model-based learning lesson plans, traditional instruction lesson plans, scientific concepts test and constructing scientific model ability test. The data were analyzed by mean, standard deviation, t-test for dependent sample, and t-test for independent sample. The results of this study indicated that:

1. The scientific concepts and constructing scientific model ability of students after using Model-Based Learning technique were higher than the traditional instruction at the .05 level of significance.

2. The post-test of scientific concepts and constructing scientific model ability of students after using Model-based learning technique were higher than the pretest using the same method at the .05 level of significance.

Keywords: Scientific Concepts, Constructing Scientific Model Ability, Model-Based Learning

บทนำ

การที่จะมีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้นั้น คือการมีความรู้ และความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน เนื่องจากเป็นพื้นฐานที่สำคัญซึ่งบุคคลใช้ในการบรรยายหรืออธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (National Science Education Standards, 1996, p. 22) และพื้นฐานของความรู้จากการสร้างองค์ความรู้จากความรู้เดิมที่มีอยู่ของผู้เรียนนอกจากจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอีกด้วย (Phochana et al., 2018, pp. 126-139) ดังนั้น การที่นักเรียนเข้าใจระหว่างมโนทัศน์หลักทางวิทยาศาสตร์ และการใช้มโนทัศน์หลักเพื่อการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จนมีความสามารถในการวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะวิชาเคมีซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญ มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร เนื้อหาวิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเป็นนามธรรม และเพื่อทำความเข้าใจ

อธิบายปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงของสสารต่างๆ โดยส่วนใหญ่นักเคมีมักจะสร้างแบบจำลอง (Models) ขึ้นมาประกอบด้วย (Justi & Gilbert, 2002) เพื่อที่การสร้างแบบจำลองหรือแบบจำลองจะสามารถทำให้เกิดความเข้าใจในโมเลกุล เนื้อหา และโครงสร้างทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น เพราะแนวคิดส่วนใหญ่ของรายวิชาเคมี หากขาดความเข้าใจในแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาหรือโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์ได้ยาก (Coll et al., 2005) จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้นั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่ง คือ การมีความรู้และความเข้าใจในโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน เนื่องจากเป็นพื้นฐานที่สำคัญโดยจะใช้ในการบรรยายหรืออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (National Science Education Standards, 1996, p. 22) ประกอบกับตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ “นักเรียนสามารถวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ” (Ministry of Education, 2008, p. 9) ทำให้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการพัฒนาโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์ได้

เมื่อพิจารณาข้อมูลกับผลการประเมินความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 มีปัญหาคะแนนเฉลี่ยคือ 32.54, 33.40, และ 31.62 (National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2016) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีคะแนนความรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพการศึกษาไทยในวิชาวิทยาศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ทำให้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์และสามารถเป็นแนวทางสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับ กระบวนการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมี ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ยังคงไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งอาจประกอบด้วยสาเหตุหลายประการ คือ วิธีการสอนไม่เหมาะสมกับเนื้อหา ภาษาที่ใช้ในเคมีไม่เหมือนกับภาษาในชีวิตประจำวัน ผู้เรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อนเรียน รวมทั้งขาดการสร้างและนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประกอบในการจัดการเรียนรู้ (Faikhamta, 2008) ไม่เพียงแต่นักเรียนไทยที่มีปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมี พบว่า นักเรียนในต่างประเทศมีปัญหาเช่นเดียวกันโดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี ซึ่งมีลักษณะแสดงออกเป็นแบบจำลองจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนเคมี (Taber & Coll, 2002) สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ Wongjindamnee (2017, June 25, Personal Communication) ครูชำนาญการพิเศษ คุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้ควบคุมการสอนรายวิชาเคมี ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี พบว่า พฤติกรรมนักเรียนไม่พยายามคิดด้วยตนเอง ขาดทักษะการแสดงออกในความคิดและการลงมือปฏิบัติ เช่น การสร้างสูตรหรือสร้างชิ้นงานขึ้นมา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert (as cited in Gobert & Buckley, 2002, p. 891) กล่าวได้ว่า คือ การจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมียังขาดการให้นักเรียนใช้ทักษะการลงมือปฏิบัติ ซึ่งนอกจากการปฏิบัติทดลองแล้ว เนื้อหาทางเคมียังเหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ทำให้การจัดการเรียนรู้ที่

ประกอบด้วยแบบจำลองจะสามารถเกิดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และได้พื้นฐานของความรู้ในการพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) มีแบบจำลองเป็นตัวแทนของกฎ ทฤษฎี วิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Lehrer et al., 2001) ซึ่งการสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียน สร้างข้อสรุปจากหลักฐานจากข้อมูล และให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อสรุป ส่งผลให้นักเรียนสามารถเกิดมโนทัศน์ได้ (Schwarz and Gwekwerere, 2007, p. 159) จะเห็นได้ว่า การสร้างแบบจำลองเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ได้จากการสร้างแบบจำลองได้ในหลายรูปแบบเพื่อให้เกิดการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติสร้างแบบจำลองอธิบายแบบจำลอง แล้วจึงปรับปรุงแก้ไขจนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง แล้วสามารถนำแบบจำลองที่สร้างไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ได้ โดยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1) การสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ 2) ความคิดของนักเรียนมีความชัดเจนสำหรับการสร้างและสื่อความเข้าใจ และ 3) นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ การใช้เหตุผล และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz et al., 2009) ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Chamrat (2009) ได้ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมออกแบบการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเพิ่มขึ้นของความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง โครงสร้างอะตอม

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาโดยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำแบบจำลองเป็นฐาน ในการเรียนการสอนรายวิชาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สมมติฐานของการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี จำนวน 4 ห้อง รวม 200 คน ซึ่งแต่ละห้องเรียนจะจัดนักเรียนแบบละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่มมาได้จำนวน 2 ห้องเรียน กำหนดเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 50 คน โดยทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถเท่าเทียมกัน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยศึกษา 2 รูปแบบ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้พันธะเคมี ได้แก่ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โดยใช้เวลาในการทดสอบก่อนเรียน 3 คาบ ดำเนินการทดลอง 15 คาบ และทดสอบหลังเรียน 3 คาบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) ทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design (Anegasukha, 2016, p. 60) มีดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. การศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เพื่อดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ความคิดพื้นฐานและ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อสอบในการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ พันธะเคมี

2. สร้างเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยสังเคราะห์ขั้นตอนการสอนจากแนวคิด ของ Gobert and Buckley (2002); Buckley et al. (2004); Rea-Ramirez et al. (2008); Kenyon et al. (2008) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างแบบจำลองความคิด โดยครูกำหนดสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กับบทเรียนแล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้เดิม มาสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนด 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง ลงมือสร้างแบบจำลองโดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ความรู้วิทยาศาสตร์จากกิจกรรมสร้างความรู้ด้วย ตนเองที่สอดคล้องกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด จากนั้นนักเรียนจึงนำความรู้มาสร้างแบบจำลองที่อยู่ใน รูปแบบการวาดภาพสองมิติ การปั้นแบบจำลองสามมิติ พร้อมอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ 3) ขั้นประเมินแบบจำลอง โดยนักเรียนนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน แล้วเพื่อนนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจึงปรับปรุงแบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลองให้ถูกต้องและ 4) ขั้นขยายแบบจำลอง โดยครูยกตัวอย่างแบบจำลองเพิ่มเติมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับบทเรียนแล้วครูอธิบายขยาย ความรู้ให้นักเรียนเข้าใจ โดยประกอบด้วยแผนการเรียนรู้ 5 แผน มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.50 - 4.66 ซึ่งมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลอง (Try-out) เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยยึดตามแนวทางของ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2003) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่ บทเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการนำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ ในรูปต่างๆ 4) เป็นขั้นขยายความรู้ การนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม 5) ขั้นประเมินเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด โดยประกอบด้วยแผนการเรียนรู้ 5 แผน มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.52 - 4.69 ซึ่งมีความเหมาะสมในระดับ มากที่สุด แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลอง เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

2.3 แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นการตอบคำถาม 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นแบบวัด ปรนัยของคำถามเชิงเนื้อหา (Content Tier) เกี่ยวกับมโนทัศน์พื้นฐาน ประกอบด้วย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นแบบ วัดอัตนัยส่วนของคำถามการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ข้อ 4 ระดับ คือ 3 2 1 และ 0 คะแนน โดยสร้างข้อสอบทั้งสิ้น 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.60 - 1.00 ซึ่งหมายความว่าแบบทดสอบ ที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง (Ritcharoon as cited in Anegasukha, 2016, p. 108) แล้วนำแบบทดสอบ ไปทดลอง และคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์เพื่อใช้ในการทดลอง 15 ข้อ โดยการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบที่ถูกต้อง

คัดเลือกพบว่า ค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.33 - 0.73 ค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.60 และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha) ซึ่งพบว่าค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่า 0.90

2.4 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ข้อสอบประกอบด้วย การกำหนดสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ใช้ในการตอบคำถาม 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ ส่วนที่ 2 เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยการปั้นแบบจำลอง และส่วนที่ 3 เป็นการอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละส่วน 3 ระดับ คือ 2 1 และ 0 คะแนน โดยสร้างข้อสอบทั้งสิ้น 6 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วงอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งหมายความว่าแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง (Ritcharoon as cited in Anegasukha, 2016, p. 108) แล้วนำแบบทดสอบไปทดลอง และคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ใช้ในการทดลอง 3 ข้อ โดยการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบที่ถูกคัดเลือก พบว่า ค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.45 - 0.66 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.39 - 0.43 และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha) ซึ่งพบว่า ค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่า 0.77

ขั้นที่ 2 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ รูปแบบละ 5 แผน ใช้เวลารูปแบบละ 15 คาบ คาบละ 50 นาที
3. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดิมที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน
4. ผู้วิจัยจัดการสอนชดเชยเพิ่มเติม ในส่วนของการสร้างแบบจำลองให้แก่กลุ่มควบคุม หลังจากทำการทดลองแล้วเพื่อให้เกิดความเท่าเทียมกันในส่วนของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดังตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	สถิติ					
	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
กลุ่มทดลอง	50	32.82	2.99	98	20.871*	.000
กลุ่มควบคุม	50	20.62	2.86			

* $p < .05$

จากตาราง 1 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	สถิติ					
	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	50	11.80	1.60	49	-46.577*	.000
หลังเรียน	50	32.82	2.99			

* $p < .05$

จากตาราง 2 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดังตาราง 3

ตาราง 3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 18 คะแนน)

ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	n	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		df	t	p
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD			
การสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ	50	5.38	0.75	3.10	0.95	98	13.274*	.000
การสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลอง	50	4.94	1.04	2.58	1.16	98	10.708*	.000
การอธิบายแบบจำลอง	50	3.14	1.21	2.44	0.91	98	3.269*	.001
ภาพรวม	50	13.46	1.97	8.12	1.73	98	14.383*	.000

จากตาราง 3 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวม พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 เมื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านการสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ ด้านการสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลอง และด้านการอธิบายแบบจำลอง ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกด้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังตาราง 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (คะแนนเต็ม 18 คะแนน)

ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน		df	t	p
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD			
การสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ	50	2.46	1.17	5.38	0.75	49	-15.025*	.000
การสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลอง	50	1.02	0.90	4.94	2.10	49	-20.962*	.000
การอธิบายแบบจำลอง	50	2.10	1.18	3.14	1.21	49	-7.436*	.000
ภาพรวม	50	5.48	1.89	13.46	1.97	49	-8.608*	.000

* $p < .05$

จากตาราง 4 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 เมื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบแล้ว พบว่า

คะแนนเฉลี่ย การสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ การสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลอง และการอธิบายแบบจำลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผลการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากนักการศึกษาหลายท่าน เพื่อนำไปใช้พัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะเคมี ที่มีลักษณะเชิงเนื้อหา (Content Tier) เกี่ยวกับมโนทัศน์พื้นฐาน และการให้เหตุผลสนับสนุนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยขึ้นการสอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ในส่วนนี้นักเรียนจะเริ่มนำความรู้มาใช้ในการเริ่มสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยถูกกระตุ้นให้สร้างแบบจำลองทางความคิด ใช้ความรู้เดิมมาวาดภาพแบบจำลองเป็นภาพวาดสองมิติ จะทำให้ความคิดของนักเรียนไปสู่ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เดิมที่มีอยู่แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Rea-Ramirez et al. (2008) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลอง ในระหว่างขั้นตอนนี้ครูจะต้องให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมา และอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูกำหนด สำหรับขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นที่มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง นักเรียนจะได้นำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาสร้างแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบการปั้นแบบจำลองสามมิติ จากนั้นให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ โดยนักเรียนจะสังเกตและหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Schwarz et al. (2009); Meela and Artdej (2017, pp. 1-15) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นการนำความรู้ มาสร้างแบบจำลองเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง สำหรับขั้นที่ 3 ขั้นประเมินแบบจำลอง นักเรียนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Nicolaou and Constantinou (2007) กล่าวว่า การประเมินแบบจำลองต้องมีการจัดการเทียบกับปรากฏการณ์ที่แท้จริงแล้วจึงปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องและชัดเจน สำหรับขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนในชั้นเรียนช่วยกัน ยกตัวอย่างสถานการณ์ 1 สถานการณ์ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เดิม แล้วนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาร่วมกันเขียนอธิบายให้สมบูรณ์ ในขั้นนี้จะเป็นการฝึกให้นักเรียนนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนในห้องมาใช้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Khan (2007) กล่าวว่า ในขั้นตอนขยายแบบจำลอง นักเรียนสามารถนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น และสามารถนำแนวคิดจากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายในกรณีอื่นๆ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถทำให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ทุกขั้นตอน เช่น ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางความคิด จะเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในขั้นต้น

ขั้นการสร้างแบบจำลองนักเรียนจะได้พัฒนาโน้ตสโนทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องเพื่อนำมาสร้างแบบจำลอง ในขั้นประเมินแบบจำลอง นักเรียนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น และขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนนั้นนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นไปใช้หรือเข้าใจได้ถูกต้องมากขึ้นน้อยเพียงใด เมื่อเทียบกับการจัดการเรียนแบบปกตินักเรียนจะเกิดมโนทัศน์แต่ยังขาดการนำปรับปรุงแก้ไขในการให้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Srichiangha (2011) ได้ทำเรื่องการพัฒนาโน้ตสโนเรื่อง สมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการวิจัย ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาโน้ตสโนวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในเรื่องสมดุลเคมี และนักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีระดับปานกลางทุกๆ ด้าน

2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และสมมติฐานข้อที่ 4 ผู้วิจัยมุ่งพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน นักเรียนจะสามารถนำแบบจำลองทางความคิดนั้นมาสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ จากนั้นนักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติมจนได้ความรู้ที่พอจะนำไปสร้างไปจำลองด้วยการปั้นแบบจำลองสามมิติ ประกอบกับสามารถอธิบายแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ สามารถพัฒนา ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนให้เกิดขึ้นต่อเนื่องอย่างชัดเจน สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 ด้าน ได้แก่

1) ความสามารถด้านการสร้างแบบจำลองด้วยการวาดภาพสองมิติ จะเริ่มเกิดจากการที่นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการสร้างแบบจำลองสองมิติโดยการวาดภาพแบบจำลอง เพื่อนำความรู้ที่ได้มาสร้างแบบจำลองสามมิติผ่านการปั้นในขั้นต่อไป ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองความคิดซึ่งเป็นการแสดงความสามารถในการสร้างแบบจำลองออกมา โดยการวาดภาพสองมิติ เป็นรูปแบบจำลอง หรือสัญลักษณ์ ผ่านสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ รูปวาดจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สมบูรณ์ตามสถานการณ์ที่ถูกกำหนด และแสดงถึงคำตอบให้ถูกต้องและชัดเจนในแบบจำลอง สอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert et al. (2000) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลอง ในการจัดการเรียนรู้นั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นต้องมีความชัดเจนถูกต้องและต้องประกอบด้วยเอกลักษณ์

2) ความสามารถด้านการสร้างแบบจำลองด้วยการปั้นแบบจำลองสามมิติ นักเรียนจะได้ลงมือสร้างแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบการปั้นแบบจำลองสามมิติ โดยแบบจำลองจะสร้างจากอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายทั่วไป ตัวอย่างเช่นการสร้างรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สามารถสร้างได้จากการปั้นด้วยดินน้ำมัน กับไม้จิ้มฟัน และการสร้างแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน ที่ประกอบด้วยลูกปัดความสามารถในด้านนี้จะพัฒนาขึ้นในขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองสามมิติ และในขั้นที่ 3 ขั้นประเมินแบบจำลอง ซึ่งในขั้นนี้จะพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองให้ถูกต้องและแม่นยำขึ้น จากการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งสอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009, pp. 635-

636) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นการนำความรู้ มาสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองต้องมีการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี และสอดคล้องกับแนวคิดของ Gobert and Buckley (2002, p. 892) กล่าวว่า การนำไปใช้และประเมินนักเรียน พบว่า แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาอาจจะถูกปฏิเสธเนื่องจากอธิบายได้ไม่ดีพอ นักเรียนจะกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น นักเรียนจะพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการปรับปรุงแก้ไข

3) ความสามารถด้านการอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ หลังจากการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยการปั้นแล้ว จะต้องอธิบายแบบจำลองด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ที่ตนเองมีประกอบกับการเรียนรู้เพิ่มเติมที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดทักษะความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านนี้จะถูกพัฒนาตั้งแต่ชั้นการสอนที่ 2 ถึงชั้นการสอนที่ 4 โดยเฉพาะชั้นที่ 4 ขยายแบบจำลองจะเป็นการพัฒนาที่ชัดเจน ในขั้นนี้นักเรียนสามารถอธิบายสถานการณ์ใหม่ ในลักษณะการเขียนบรรยาย การสรุป ด้วยมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้อง Schwarz et al. (2009, pp. 635-636) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์เป็นการแสดงความเข้าใจในลักษณะการเขียนบรรยายหรือพูดโดยสรุปเอง หรือจากการเรียนรู้แล้วได้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี เพื่อที่จะสามารถยกตัวอย่างในการอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ คะแนนเฉลี่ยกลุ่มทดลองสูงกว่าควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีการเชื่อมโยงความรู้ให้ต่อเนื่องกัน และสามารถนำความรู้ไปต่อยอดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ในเรื่องที่จะเรียนต่อไปได้ จากการเพราะนักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยการสร้างแบบจำลองด้วยภาพวาดสองมิติ และลงมือสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยการปั้น ประกอบด้วยการอธิบายแบบจำลองด้วยข้อความมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนจะได้อธิบายแบบจำลองด้วยสถานการณ์ใหม่ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบปกติ นักเรียนไม่ได้ทำการฝึกหรือลงมือสร้างแบบจำลองระหว่างชั้นการสอน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้เล็กน้อย

จากที่กล่าวการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานขั้นต้น นักเรียนจะสามารถพัฒนาความสามารถสร้างแบบจำลองออกมาได้ โดยงานวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Najang (2011) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูควรมีการเตรียมตัวอย่างแบบจำลองสำเร็จรูปมาใช้ในการจัดกิจกรรม เพื่อให้ให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.2 ครูควรตรวจสอบโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากการจัดกิจกรรม เพื่อมั่นใจว่านักเรียนมีโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยใช้วิธีการซักถาม อภิปราย เพื่อที่นักเรียนจะได้นำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องนำไปสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยการวาดแบบจำลองสองมิติ การปั้นแบบจำลองสามมิติ และการอธิบายแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์หรือวิชาเคมีในเรื่องอื่นๆ ที่สามารถสร้างแบบจำลองได้ เช่น แบบจำลองอะตอม โลกและดาราศาสตร์ รูปร่างของเซลล์ กลไกของอวัยวะสัตว์

2.2 ควรมีการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในการพัฒนาในตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์

References

- Anegasukha, S. (2016). *Educational research* (8th ed.). Chonburi: Faculty of Education, Burapha University. [in Thai]
- Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willett, J. (2004). Model-based teaching and learning with BioLogica™: What do they learn? How do they learn? How do we know? *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 23-41.
- Chamrat, S. (2009). Exploring Thai grade 10 chemistry students' understanding of atomic structure concepts and the nature of science through the model based approach. *KKU Research Journal*, 14(8), 709-723.
- Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005) The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
DOI: 10.1080/0950069042000276712
- Faikhamta, C. (2008). Student alternative conceptions in chemistry. *Journal of Education Mahasarakham University*, 9(2), 11-28. [in Thai]

- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). *Positioning models in science education and in design and technology education*. In Gilbert, J. K. Boulter, C. J., *Developing Models in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gobert. J. D., & Buckley. B. C. (2002). Introduction to Model-based teaching and learning in Science Education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Justi, R. S., & Gilbert, J., K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. DOI: 10.1080/09500690110110142
- Kenyon, L., Schwarz, V. C., & Hug, B. (2008). The benefits of scientific modeling. *Science and Children*, 46(2), 41-44.
- Khan, K. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 9(1), 877-905.
- Lehrer, R., Schauble, L., Strom, D., & Pligge, M. (2001). Similarity of form and substance: Modeling materialkind. In S. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress*. Mahwah, NJ.: Lawrence Erlbaum.
- Meela, P., & Artdej, R. (2017). Model based inquiry and scientific explanation: Promoting meaning-making in classroom. *Journal of Education Naresuan University*, 19(3), 1-15. [in Thai]
- Ministry of Education. (2008). *The basic education curriculum 2008*. Bangkok: Agricultural Co-Operative Federation of Thailand. [in Thai]
- Najang, K. (2011). *Effects of using model-centered instruction sequence on ability in making scientific model and concepts of laws of motion and types of motion of upper secondary school students* (Master thesis). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2016). *O-NET academic year 2015 by regional office*. Retrieved June 20, 2017, from <http://www.niets.or.th/th/content/view/4435> [in Thai]
- National Science Education Standards. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2007). *Assessing modeling skills, meta-cognitive modeling knowledge and meta-modeling knowledge*. Retrieved June 20, 2017, from http://earli2007.hu/nq/home/scientific_program/programme/proposal_view

- Phochana, P., Singlop, S., & Srisanyong, S. (2018). A study of learning achievement, science concepts and attitude towards biology on the topic of structure and flowering plants of matthayomsuksa 5 students through constructivism theory. *Journal of Education Naresuan University*, 20(2), 126-139. [in Thai]
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Nunez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez. (eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science*. Netherlands: Springer.
- Schwarz, C., & Gwekwerere, N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 19(1), 158-187.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Ache' r, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Srichiangha, C. (2011). *Developing grade-11 students' conceptions about chemical equilibrium and attitudes towards chemistry through model-based learning activities* (Master thesis). Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Taber, K. S., & Coll, R. K. (2002). Bonding. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, ... Van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 213-234). Dordrecht: Kluwer.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2003). *Learning management, basic education curriculum*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- Wongjindamnee, P. (2017, June 25). Senior Professional Level Teachers, Sriracha School. *Interview*. [in Thai]