

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร
The Effects of Using the Model-Based Instruction in the Topic of
Chemical Bonding on Chemistry Learning Achievement and
Scientific Creative Thinking of Grade 10 Students at
Wat SuthiWararam School in Bangkok Metropolis

Received : 2021-04-09

Revised : 2020-06-13

Accepted : 2021-11-20

ผู้วิจัย เสาวรภย์ แสงอรุณ¹

Saowarop Saengaroon¹

saowarop@suthi.ac.th

นวลจิตต์ เชาวศิริพิงศ์²

Nuanjid Chaowakeratipong²

ดวงเดือน สุวรรณจินดา³

Duongdearn Suwanjinda³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 44 คน อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และ 4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และการทดสอบค่าที

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Student Master of Education, Sukhothai Thammathirat Open University

²รองศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Associate Professor Dr. of Education, Sukhothai Thammathirat Open University

³รองศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Associate Professor Dr. of Education, Sukhothai Thammathirat Open University

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงากว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงากว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงาก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, พันธะเคมี, มัธยมศึกษา

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare chemistry learning achievement of students who learned by using the model-based instruction and students who learned by using the traditional instruction in the topic of Chemical Bonding, 2) compare scientific creative thinking of students who learned by using the model-based instruction and students who learned by using the traditional instruction, and 3) compare scientific creative thinking of students who learned by using the model-based instruction before and after learning.

The research sample consisted of 89 Grade 10 students in 2 intact classrooms in the Science-Mathematic Program of Wat SuthiWararam School in Bangkok Metropolis, obtained by cluster random sampling. One class was randomly assigned as an experimental group and another class was assigned as a control group. The research instruments were learning management plans by using the model-based instruction, learning management plans by using the traditional instruction, chemistry learning achievement test and scientific creative thinking test. The statistics used for data analysis were the percentage, mean, standard deviation, analysis of covariance (ANCOVA) and t-test for dependent sample.

The results showed that; 1) the chemistry learning achievement of the students who learned by using the model-based instruction was significantly higher than the students who learned by using the traditional instruction at the .05 level, 2) the scientific creative thinking of the students who learned by using the model-based instruction was significantly higher than the students who learned by using the traditional instruction at the .05 level, and 3) the scientific creative thinking after learning of the students who learned by using the model-based instruction was significantly higher than their before learning at the .05 level.

Keywords : Model-Based instruction, Chemistry Learning Achievement, Scientific Creative Thinking, Chemical Bonding, Secondary Education

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและในอาชีพต่าง ๆ รวมถึงสิ่งของเครื่องใช้ ผลผลิตต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้คนได้พัฒนาวิถีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) นอกจากนี้ ความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ (ณัฐชา พัฒนา, 2562)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) จึงมุ่งเน้นการพัฒนาประเทศไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยเร่งพัฒนาปัจจัยพื้นฐานเชิงยุทธศาสตร์ในทุกด้าน รวมถึงการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งจะต้องให้ความสำคัญกับการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลงานวิจัยและพัฒนา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี นวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์อย่างเข้มข้น (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) นอกจากนั้นสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติได้กำหนดยุทธศาสตร์การดำเนินงานในช่วงปี 2562 – 2565 โดยมุ่งผลักดันประเทศไทยให้ไปสู่ “ประเทศแห่งนวัตกรรม (Innovation Nation)” กล่าวคือ เป็นประเทศที่พร้อมเติบโตและสามารถสร้างนวัตกรรมอันนำไปสู่ความเปลี่ยนแปลงในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมได้ (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2562) และทักษะหนึ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมได้คือ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 (อารี พันธมณี, 2537) เพราะความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การค้นพบใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนไหวทางด้านศิลปะ การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ตลอดจนการแก้ปัญหา และการพัฒนาสังคมในรูปแบบใหม่ ความคิดสร้างสรรค์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในระดับโลก ระดับชาติ ระดับองค์กร ระดับสถาบันการศึกษา จนถึงระดับปัจเจกบุคคล (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2563) ระบบการศึกษาจึงต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 และตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการผลักดันประเทศไทยสู่ประเทศแห่งนวัตกรรม โดยมุ่งพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรคนวัตกรรมใหม่ ๆ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากนักเรียนที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเลือกศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง (ณัฐชา พัฒนา, 2562) และจากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปี 2018 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 426 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่ากลุ่มองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 489 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

เคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีการนำความรู้ทางด้านเคมีมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อาหาร ยา วัสดุ เครื่องสำอาง และสิ่งทอ เป็นต้น การศึกษาในประเทศไทย ได้กำหนดให้เนื้อหาวิชาเคมีอยู่ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จากการพิจารณารายงานการประเมินผลการศึกษาในระดับชาติ (O-net) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) พบว่า ผลการทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ ในสาระสารและสมบัติของสารซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้ในวิชาเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม ปีการศึกษา 2562 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวรารามยังไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยในปีการศึกษา 2561 มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับระดับต่ำกว่าระดับดี (ต่ำกว่าเกรด 3) คิดเป็นร้อยละ 40.32 และในการศึกษา 2562 มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับระดับต่ำกว่าระดับดี (ต่ำกว่าเกรด 3) คิดเป็นร้อยละ 48.56 สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้และควรได้รับการแก้ไข ซึ่งการที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีต่ำ อาจเป็นเพราะวิชาเคมีเป็นวิชาที่มีเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ซับซ้อน ไม่สามารถสังเกตได้โดยง่าย จึงเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนที่จะเข้าใจแนวคิดทางเคมี โดย Johnstone, A.H. (1993) อ้างถึงใน พัทรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์ (2562) ได้จำแนกการนำเสนอแนวคิดทางเคมีไว้ 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic Level) หมายถึงปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นหรือจับต้องได้ ระดับอนุภาค (Microscopic Level) หมายถึง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน และระดับภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic Level) หมายถึง การใช้สัญลักษณ์ทางเคมี สูตร สมการ รูปภาพแสดงโครงสร้างโมเลกุล แผนภาพหรือแบบจำลอง เพื่อนำเสนอแนวคิดทางเคมีในระดับมหภาคหรืออนุภาค สัญลักษณ์ทางเคมีจะเป็นการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีระดับมหภาคและระดับอนุภาค ซึ่งในการเรียนรู้วิชาเคมีนักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับนี้ แต่การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี นักเรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการเรียน และเห็นว่าเนื้อหาวิชาเคมีนั้นเข้าใจยาก (พัชร ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์, 2558) และการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีมักขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียน (Johnstone, 1993 อ้างถึงใน พัทรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์, 2562) จากข้อมูลข้างต้น จะพบว่าอุปสรรคของการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนคือธรรมชาติของวิชาเคมีเองและการจัดการเรียนการสอนที่ไม่สอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้ ทำให้นักเรียนเรียนวิชาเคมีด้วยการท่องจำ ไม่ได้เรียนด้วยความเข้าใจ

เนื่องจากแนวคิดทางเคมีมีความเป็นนามธรรม นักเคมีจึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสารและการเปลี่ยนแปลงของสารโดยนำเสนอออกมาเป็นรูปภาพ สมการทางคณิตศาสตร์ ภาษาหรือสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับเคมี แบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่ใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) จึงถือได้ว่าแบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาเคมี ซึ่งมีเนื้อหาที่ซับซ้อน เป็นนามธรรม หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะทำให้เข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น (Gilbert, 2000 อ้างถึงใน กรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) วิธีการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่จะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ดี คือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากเป็นวิธีการที่จะทำให้นักเรียนได้นำความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยนักเรียนจะต้องคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ให้มากที่สุด หลากหลายทิศทางที่สุด ภายในเวลาที่จำกัด แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาสร้างแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นในครั้งแรกอาจไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) แต่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องพิจารณาว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลเชิง

ประจักษ์ที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร และจะต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ซึ่งนักเรียนจะได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเอง เพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน มีการร่วมกันอภิปรายแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด และสามารถอธิบายแนวคิดนั้น ๆ ได้อย่างละเอียด สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากนั้นจึงนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่นซึ่งจะได้ประยุกต์ใช้แนวคิดให้กว้างยิ่งขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นและนอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ด้วย เนื่องจากในระหว่างกิจกรรมนักเรียนต้องฝึกการใช้จินตนาการหลายครั้ง และกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติสอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ อีกทั้งยังเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลอง ได้ฝึกคิด คิดแปลง ปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ รวมถึงมีการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับกลวิธีการสอนที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (Williams, 1970 อ้างถึงใน อาร์ พันธ์มณี, 2545)

เนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนเคมี (Taber and Coll, 2002) ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิชาเคมีพบว่าเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เป็นหนึ่งในเนื้อหาที่นักเรียนประสบปัญหาในการเรียน และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังงานวิจัยของ ณัฏกฤต เกื้อทาน (2557) ที่พบว่านักเรียนมีความสับสนระหว่างแบบจำลองที่นำมาใช้ในการอธิบายพันธะไอออนิกกับพันธะโคเวเลนต์ นักเรียนคิดว่ารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทำนายได้จากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางเพียงอย่างเดียว นักเรียนเข้าใจว่าโลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะอะไร เป็นต้น อีกทั้งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี จัดอยู่ในวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นชั้นปีแรกของการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้นจึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการศึกษาในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป พันธะเคมีจึงเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้พัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีตลอดจนพัฒนาทักษะของนักเรียนให้มีความพร้อมสำหรับศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model)
2. การประเมินแบบจำลอง (evaluating model)
3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)
4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จำนวน 179 คน จัดเป็น 4 ห้องเรียน แบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ใช้เวลาสอน 18 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนทุกคนรับทราบ
2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนเรียน แล้วตรวจให้คะแนน
3. ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้
4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วตรวจให้คะแนน
5. นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และการทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent) ในการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	S.D.	F	P
กลุ่มทดลอง	44	19.66	4.625	18.793*	.000
กลุ่มควบคุม	45	15.93	2.903		

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.66

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	S.D.	F	P
กลุ่มทดลอง	44	79.30	10.694	215.749*	.000
กลุ่มควบคุม	45	42.87	11.182		

* $p < .05$

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 79.30

เมื่อนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

องค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		F	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความคิดคล่อง	31.50	5.829	16.47	4.536	5.387*	0.023
ความคิดยืดหยุ่น	16.55	3.302	11.24	2.404	5.367*	0.023
ความคิดริเริ่ม	19.05	5.565	6.27	3.333	5.550*	0.021
ความคิดละเอียดลออ	12.20	2.376	8.89	3.091	4.270*	0.042

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	44	69.68	15.027	7.290*	.000
หลังเรียน	44	82.48	16.033		

*p<.05

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 82.48

เมื่อนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ มาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง (Fluency) ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) และด้านความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความคิดคล่อง	23.68	3.346	31.50	5.829	10.168*	.000
ความคิดยืดหยุ่น	14.05	2.090	16.55	3.302	5.924*	.000
ความคิดริเริ่ม	17.25	3.889	19.05	5.565	2.213*	.032
ความคิดละเอียดลออ	11.64	2.737	12.20	2.376	2.529*	.015

*p<.05

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.50, 16.55, 19.05 และ 12.20 ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. การเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แบบจำลองเป็นสิ่งที่ช่วยให้เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น โดยแบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) แบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมี ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ซับซ้อน เมื่อใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Gilbert, 2000 อ้างถึงใน ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) นอกจากนี้การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้อย่างช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดทั้งเคมีทั้ง 3 ระดับได้แก่ ระดับมหภาค ระดับอนุภาค และระดับภาษาสัญลักษณ์ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี จึงส่งผลให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2562) และชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ที่ว่า การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีควรเน้นการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่แสดงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับอนุภาค และระดับภาษาสัญลักษณ์ เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นเข้ากับคำอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ดี

นอกจากนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการให้นักเรียนนำความรู้ที่เป็นนามธรรมมาแสดงเป็นรูปธรรมโดยการสร้างแบบจำลอง เริ่มจากให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาก่อนในขั้นแรก โดยที่แบบจำลองนั้นอาจสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วนำมาใช้ในการประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างในขั้นแรกสามารถอธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์นั้นได้หรือไม่ หากแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายได้ นักเรียนจะต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับจนกระทั่งได้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และนำแบบจำลองนั้นไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ การสร้างแบบจำลองจึงช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิชาเคมีที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมได้ดี เพราะแบบจำลองจะเป็นสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นได้ และเมื่อนักเรียนได้ทำความเข้าใจแบบจำลองจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง จนนำไปสู่ความเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จะส่งผลให้ความรู้ที่ถูกบันทึกในความทรงจำระยะสั้นเข้าไปอยู่ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลผลข้อมูลของ Klausmeier (1985) ที่กล่าวว่า การทำงานของสมองเปรียบเทียบกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยการเรียนรู้เริ่มจากนักเรียนได้รับข้อมูลผ่านทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 จากนั้นข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในความทรงจำระยะสั้น ซึ่งจะอยู่ได้ไม่นาน ถ้าต้องการให้

ข้อมูลนั้นอยู่ในความทรงจำระยะยาวจะต้องได้รับการประมวลและเปลี่ยนรูป ซึ่งต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การท่องซ้ำหลาย ๆ ครั้ง การทำความเข้าใจในข้อมูลนั้น หรือการทำให้ข้อมูลมีความหมายกับตนเอง โดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรารู้ใหม่กับสิ่งที่เคยเรียนรู้มาก่อน เมื่อข้อมูลอยู่ในความทรงจำระยะยาวแล้วก็จะสามารถเรียกใช้ข้อมูลนั้นได้เมื่อต้องการ และในกระบวนการจัดการเรียนรู้มีการให้นักเรียนนำเสนอแนวคิด และเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนกระทั่งสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองของตนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (1963) อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2547) ที่กล่าวว่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อมีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุล โดยใช้กระบวนการทางสมอง 2 กระบวนการคือ กระบวนการดูดกลืน (assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะสม (accommodation) ประกอบกัน จนเกิดภาวะสมดุล (equilibrium) และการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ภายในห้องเรียนจะทำให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้และปรับเปลี่ยนความคิดของตนเองจนสามารถเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสรุปเป็นความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ตามแนวคิดของ Vygotsky (1978) และ Piaget (1970) อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมณี และคณะ (2544) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ค้นคว้าเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maia และ Justi (2009) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่องสมดุลเคมี จากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาจากแผนภาพแบบจำลองในระดับอนุภาค (model of modelling diagram) โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนห้องเรียนปกติ อายุ 14-15 ปี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และเรียนรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีการตอบคำถามระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู รวมถึงการอภิปรายภายในห้องเรียน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการสอนของครูส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจัดการการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัชชุต เกื้อทาน (2557) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ประกอบกับงานวิจัยของธีระศักดิ์ ไชยสัจย์ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของธีรดา ขาตะวรรณ (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์ร้อยละ 54.35 รองลงมาคือแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.78 ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

2. การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 โดยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง คือความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และได้คำตอบปริมาณมากในเวลาที่กำหนด ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบที่หลากหลายในเวลาที่กำหนด ความคิดริเริ่ม คือความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดทั่วไป เกิดจากการนำความรู้มาดัดแปลงให้เกิดสิ่งใหม่ และความคิดละเอียดลออ คือความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน เพื่อขยายแนวคิดหลักให้สมบูรณ์ ทั้งนี้ ผลการวิจัยที่เป็นไปตามสมมติฐานเนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง ครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลองอย่างเต็มที่ 2) การประเมินแบบจำลอง นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลมาประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับหรือไม่ 3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เมื่อนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ นักเรียนจะต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง โดยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันจนได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การขยายแบบจำลอง นักเรียนจะนำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วมาใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่น ซึ่งในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ครูใช้คำถามยั่วยุกระตุ้นให้ตอบ นักเรียนจะได้ฝึกคิด ใช้จินตนาการ ได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งกลวิธีเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ Williams (1970) อ้างถึงใน อารี พันธุ์มณี (2545) ที่ว่ากลวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีหลากหลายวิธี และมีกลวิธีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เช่น การพิจารณาลักษณะ การเปรียบเทียบอุปมาอุปไมย การใช้คำถามยั่วยุและกระตุ้นให้ตอบ การค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น อีกทั้งการที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองจากวัสดุต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวนักเรียน ยังเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sikošek และ Žuželj (2013) ที่ได้ศึกษาการใช้แบบจำลองทางเคมีในการพัฒนาการสอนเคมี โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจากวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นการสร้างนวัตกรรมของตนเองและฝึกความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน แบบจำลองที่สร้างขึ้นนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น และความรู้ที่ได้เป็นความรู้ที่ยั่งยืน จะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้งการสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง มีกลวิธีต่างๆที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรวิวัฒน์ ศิลบุตร (2560) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่อง

สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมให้ระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดตามความเข้าใจของตนเอง มีการสืบค้นคำตอบอย่างหลากหลาย และอภิปรายเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดได้ทั้งระดับมหภาค ระดับจุลภาค และสัญลักษณ์ จึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของนิซูไบเคห์ กิติชัย (2560) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง บรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนทุกด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยจากสูงสุดไปยังต่ำสุด ได้แก่ ความคิดคล่อง คะแนนเฉลี่ย 31.50 ความคิดยืดหยุ่น คะแนนเฉลี่ย 16.55 ความคิดริเริ่ม คะแนนเฉลี่ย 19.05 และความคิดละเอียดลออ คะแนนเฉลี่ย 12.20 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ โดยในกิจกรรมขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนต้องกระทำการเขียนอธิบาย วาดภาพ หรือสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งนักเรียนในกลุ่มจะต้องคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด ทำให้ได้คำตอบที่มีความหลากหลาย ในเวลาที่กำหนดให้ แล้วจึงเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนต้องพิจารณาว่าจะแสดงแบบจำลองอย่างไรเพื่ออธิบายแนวคิดนั้น รวมถึงการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมมาสร้างแบบจำลองหรือดัดแปลงวัสดุที่มีมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมความคิดคล่องและคิดยืดหยุ่นตามแนวคิดของ Torrance (1962) ที่กล่าวว่า ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และสร้างคำตอบได้ปริมาณมากในเวลาจำกัด และความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง หลายรูปแบบ กิจกรรมขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียน

สร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร และหากไม่สอดคล้องจะต้องแก้ไขอย่างไร นักเรียนจะได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่กิจกรรม ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนจะได้ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สมบูรณ์ และสามารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองที่นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแล้วเพื่อนำเสนอกับเพื่อนในชั้นเรียน จากนั้นนักเรียนจะได้ร่วมกันอภิปรายรวมทั้งพิจารณาถึงลักษณะของแบบจำลองของแต่ละกลุ่มสร้างขึ้น เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุด และสามารถอธิบายแนวคิดได้อย่างละเอียด สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมความคิดละเอียดลออ ตามแนวคิดของ Guilford (1967) ที่กล่าวว่า ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความคิดและประสานความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน หรืออาจเป็นการต่อเติมความคิดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และกิจกรรมขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้ นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่นหรือปรากฏการณ์อื่น ซึ่งอาจเป็นคำถามแบบทดสอบ หรือประยุกต์ใช้แนวคิดเพื่อให้อธิบายได้กว้างขึ้น เช่น ในเรื่องโครงสร้างของ สารประกอบไอออนิก ที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายลักษณะโครงสร้างของสารประกอบโซเดียม คลอไรด์ ซึ่งนักเรียนจะเกิดความคิดริเริ่มว่าหากนำธาตุชนิดอื่นที่แตกต่างจากโซเดียมและคลอรีน มารวม กันให้เกิดสารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างอย่างไร ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรม การคิดริเริ่ม ตามแนวคิดของ Torrance (1962) ที่กล่าวว่า ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะของความคิด แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา ไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ นอกจากนี้กิจกรรมต่าง ๆ ที่นักเรียน ได้ปฏิบัติ ทั้งการได้รับปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้าทาย การคิดหาคำตอบ การนำเสนอแนวคิดของตนเอง การอภิปรายโต้ตอบกับเพื่อนในชั้นเรียน กิจกรรมเหล่านี้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสงสัย อยากรู้ อยาก เห็น นำไปสู่การค้นคว้า ทดลอง ซักถาม เพื่อหาคำตอบของสิ่งที่สงสัย ซึ่งการที่นักเรียนมีลักษณะดังกล่าว สอดคล้องกับลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังที่ อาร์ พินธัมณี (2543) ได้อธิบาย ไว้ว่า ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีความอยากรู้อยากเห็น ชอบแสวงหา สำรวจ ทดลอง ชอบซักถาม ช่างสงสัยในสิ่งที่พบเห็นช่างสังเกต มองเห็นความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว เมื่อสงสัยสิ่งใดจะ พยายามหาคำตอบทันที ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นักเรียนกลุ่มทดลอง จึงมีคะแนนเฉลี่ย ความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของสิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่ ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนค่อนข้างมาก เพื่อให้กิจกรรมดำเนินไปได้อย่างครบถ้วน สมบูรณ์ ครูจึงควรวางแผน และกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม

2. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ คณะแนวความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบความคิดละเอียดลออมีคะแนนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ จึงควรเพิ่มกิจกรรมที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดละเอียดลออให้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีได้ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับเนื้อหาอื่นในวิชาเคมี

2. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคนิคอื่น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กิ่งฟ้า สินธุวงศ์. (2547). *จิตวิทยาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ในเอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7. (น.1-142)*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2563). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร: ชัดเชส พับลิชชิง.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฏฐุต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐชา พัฒนา. (2562). “ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา เคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่องจังหวัดนครราชสีมา”. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.* 12(2), 118-132
- ทิตนา แคมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เดอะ มาสเตอร์ กรุป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- ธีระศักดิ์ ไชยสัตรู. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและความสามารถในการคิดเชิง ผลิภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ธีรดา ชาดะวรรณ. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อ พัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์*. (วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นิชुไบคะห์ กิตติชัย. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องบรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดปัตตานี*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมาธิราช.
- พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์. (2558). “ธรรมชาติของวิชาเคมี และการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับ ธรรมชาติของวิชา”. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, 31 (2), 187.
- _____. (2562). *การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์.
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลอง ทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

- วรวัฒน์ ศิลบุตร. (2560). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต*. กรุงเทพมหานคร: สกสศ. ลาดพร้าว.
- _____. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สิทธิโชค เอี่ยมบุญ. (2563). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 – 2564*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). 4 ยุทธศาสตร์หลักดัน ‘ไทย’ ให้เป็นประเทศแห่งนวัตกรรม. สืบค้นจาก <https://www.nia.or.th/NIA4>.
- อารี พันธมณี. (2543). *คิดอย่างสร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: เลิฟ แอนด์ ลิฟเพรส.
- _____. (2545). *ฝึกให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพมหานคร: ไยไหม.
- Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in Science Education*. Netherland: Springer.
- Guilford. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw – Hill Book Co.
- Klausmeier, H.J. (1985). *Educational psychology*. New York: Harper & Row.
- Maia, P. F. and Justi, R. (2009). *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Sikošek, D. and Žuželj M. (2013). Using Chemical Models For Developing Natural Science Competences in Teaching Chemistry: from Pupils as Model Assemblers to Pupils as Creators of Self-Made Models. *Problems of Education in the 21st Century*, 53(1), 89-98.
- Taber, K.S. and Coll, R.K. (2002). *Bonding*. Chemical Education: Towards Research-based Practice. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Torrance, E.P. (1962). *Guiding creative talent*. New Jersey: Prentice – Hall.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The developmental of higher psychological process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.