



การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Development of Modeling Skill by Model-Based Learning Management for 11th Grade Students

สิริภัทร สายเนตร¹ และสุมาลี ชูกำแพง²

Siraphat Sainet¹ and Sumalee Chookhampaeng²

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม¹, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม²

Department of Science and Mathematics, Faculty of Education, Mahasarakham University¹

Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University²

Corresponding author, E-mail: 62010556022@msu.ac.th¹, s_choo@windowslive.com²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนตามเกณฑ์กำหนดร้อยละ 70 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด โดยเป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดำเนินการ 3 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคพินิจ จำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง จำนวน 9 แผน (2) เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติการและประเมินทักษะ ได้แก่ 1) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง, 2) กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง และ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 69.35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.24 และมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 75.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.13 และมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 87.10 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 81.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.41 และมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด เมื่อพิจารณาแยกออกเป็น 1) คะแนนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 31.26 35.26 38.16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.12 73.45 และ 79.50 ตามลำดับ และ 2) คะแนนจากกิจกรรมการสร้างแบบจำลองโดยมีคะแนนเฉลี่ยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 38.10 39.74 และ 42.87 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.37 82.80 และ 89.31 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้นหลังจากที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ทักษะการสร้างแบบจำลอง, การวิจัยปฏิบัติการ



ABSTRACT

This research aim to develop modeling skill by using model-based learning of 11th grade students to pass the criterion of 70 percent of the full score and the number of students who received the required score was 70 percent of all target group students. The research design was action research and conducted in this research which were 3 cycles. The target group of 11th grade students at Yangtaladwittayakarn School in the second semester of academic year 2021 under The Secondary Education Service Area Office Kalasin total 31 students. Research instrument included (1) The instrument used in the experiment was 1) 9 lesson plans on the subject of "circulatory system and lymphatic system" based on using model-based learning (2) The instrument used to reflect performance and assess skills were 1) modeling skill test, 2) modeling activity and 3) a student interview form. The data were analyzed by standard statistics that contain average, standard deviation and percentage.

The results showed that in the first cycle the average scores of modeling skills was 69.35 which account for 72.24 percent and there were 19 students who passed the modeling skill score of 70 percent which account for 61.29 percent of all target students. In the second cycle the average scores of modeling skills was 75.00 which account for 78.13 percent and there were 27 students who passed the modeling skill score of 70 percent which account for 87.10 percent of all target students and in the third cycle the average scores of modeling skills was 81.03 which account for 84.41 percent and there were 31 students who passed the modeling skill score of 70 percent which account for 100.00 percent of all target students. When considering the score from 1) modeling skill test after instruction, the average scores were 31.26, 35.26 and 38.16, representing 65.12, 73.45 and 79.50 percent. 2) modeling activity, the averages scores were 38.10, 39.74 and 42.87, representing 79.37, 82.80 and 89.31 percent. The previous data illustrate the number of student and modeling skill score was increased after learned by using model-based learning.

Keywords: Model-based Learning, Modeling Skill, Action Research



บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบัน และนับวันจะมีบทบาทมากขึ้นในอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทั้งในการดำรงชีวิตประจำวัน และงานอาชีพต่าง ๆ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อจะมีความรู้ ความเข้าใจโลกธรรมชาติ จึงเป็นบทบาทสำคัญของการให้การศึกษาทั้งในระบบ และนอกระบบให้เป็นการศึกษาต่อเนื่องตลอดชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) เพื่อให้นักเรียนได้เกิดทักษะการคิดในการสร้างองค์ความรู้ และกำหนดโครงสร้างทางความรู้ของนักเรียนเอง และการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง (ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ, 2559) ซึ่งบางปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอาจไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงหรือมีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ (Bryce, et al., 2016) จึงต้องอาศัยแบบจำลองเข้ามาช่วยในการอธิบายข้อค้นพบที่นักวิทยาศาสตร์ได้จากการทดลองศึกษาสิ่งต่าง ๆ (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ, 2558) แบบจำลองจึงได้เข้ามามีบทบาททางด้านการศึกษาในรูปแบบสื่อทางการศึกษาที่ใช้ในการอธิบายความรู้ ทฤษฎีที่เป็นนามธรรมเพื่อที่จะให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ได้ (Schwarz, et al., 2009) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนครูผู้สอนมีการใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์แก่นักเรียน โดยนักเรียนมีโอกาสไม่ได้มากนักที่จะเป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตนเอง (Ladachart and Ladachart, 2017) ซึ่งการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน โดยการนำความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมมาสร้างเป็นแนวคิดของตนเอง (เอกภูมิ จันทรรักษ์, 2559) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วม ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามสภาพจริง จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตัวนักเรียนเองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยถ่องแท้เพราะกระบวนการออกแบบเป็นการนำความรู้ไปใช้วางแผนการสร้างแบบจำลอง หากแบบจำลองที่สร้างไม่บรรลุ

วัตถุประสงค์จึงกลับไปศึกษาเพิ่มเติมแก้ไขปรับปรุงงานเพื่อให้แบบจำลองที่สร้างมีคุณภาพ อาจกล่าวได้ว่าการออกแบบ และสร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการสอนและการเรียนรู้ที่เกิดจากความเข้าใจ (Stewart, et al., 2005)

ซึ่งจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในรายวิชชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 พบว่า ในขณะจัดการเรียนรู้ เมื่อครูถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชา นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามให้เหตุผลที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากเนื้อหาชีววิทยาบางเนื้อหาเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจต้องใช้จินตนาการสร้างคำอธิบาย รวมไปถึงการเรียนการสอนส่วนใหญ่เป็นการบรรยาย นักเรียนไม่สามารถจินตนาการเนื้อหาหรือรวบรวมความคิดได้อย่างเป็นระบบ ส่วนใหญ่จึงเลือกที่จะเรียนรู้เนื้อหาด้วยวิธีการท่องจำแทนการทำความเข้าใจ อีกทั้งได้ทำการใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองเรื่องความแตกต่างของแอนติเจนบนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนที่มีหมู่เลือดที่แตกต่างกันเป็นเครื่องมือวัดทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้ (ณัฐพล กวดขันไทย และสุมาลี ชุกกำแพง, 2563) พบว่านักเรียนทั้งหมด 31 คน มีคะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 เมื่อนักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดโดยการวาดรูป 2 มิติ และอธิบายรูปดังกล่าวเป็นข้อความที่เข้าใจตามความคิดของตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิด และอธิบายได้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Learning) มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนามีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแนวคิดของ Gobert and Buckley (2000) โดยเริ่มต้นด้วยนักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจศึกษา หลังจากนั้นครูประเมิน



และบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน จากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ต่อมานักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง หลังจากสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้วจึงนำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงหรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น และสุดท้ายการขยายแบบจำลอง นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

การสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์จะทำให้ นักเรียนเข้าใจโมเดลที่สัมพันธ์กับแบบจำลองเหล่านั้น รวมทั้งส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Leager, 2007) จึงแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริม และพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน (Ladachart and Ladachart, 2017) เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้การทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ และเกิดทักษะต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการกระบวนการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิด และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจ ตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison and Treagust, 2000) และการสร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับมโนภาพ โดยกระบวนการทั้งสองนี้จะเกิดขึ้นควบคู่กัน และยังมี ความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิดที่เป็นการนำเสนอภาพที่เกิดจากการแปลความหมายของข้อมูลสมอง (Gonzalez, 2014) ซึ่งจะทําให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาตามไปด้วย

จากความสำคัญที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

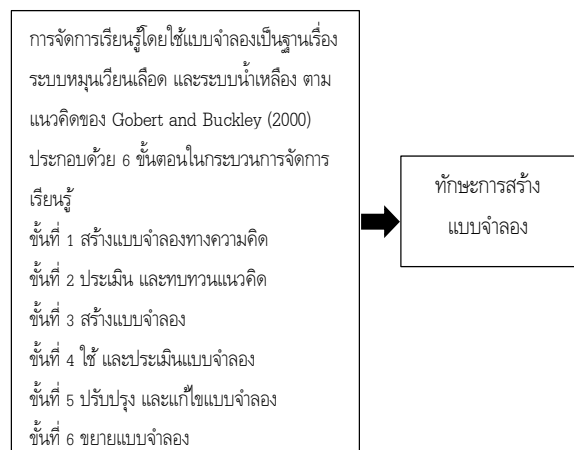
วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนตามเกณฑ์กำหนดร้อยละ 70 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 31 คน โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตำบลยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2564
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบ น้ำเหลืองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติการ และประเมินทักษะ

1.2.1 แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง เป็นลักษณะข้อสอบแบบอัตนัย โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ทางความคิดผ่านการวาดรูป 2 มิติ 1 ข้อ และตอบคำถามเกี่ยวกับ รูปเป็นข้อความที่เข้าใจตามความคิดของตนเอง 4 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการ ประเมินคือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับ หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2) ความสอดคล้องระหว่าง ภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3) ความสอดคล้อง ระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด และ 4) การระบุองค์ประกอบ ของแบบจำลอง หากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ พบว่า ทั้งฉบับของแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ในช่วง 0.8-1.0

1.2.2 ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองใช้ในการ ประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้ แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเด็น คือ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบ และประเมิน และ 4) การปรับปรุงแบบจำลอง หากดัชนี ความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบพบว่า ทั้งฉบับของใบกิจกรรม การสร้างแบบจำลอง มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.0

1.2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียน มุ่งเก็บข้อมูล 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียน การสอน 2) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช้ ในการเรียนการสอน 3) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลา ในการจัดการเรียนรู้ และ 4) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และ อุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน หากดัชนีความสอดคล้อง

(IOC) ของแบบสัมภาษณ์ พบว่า ทั้งฉบับของแบบสัมภาษณ์ นักเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.0

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน, ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ, ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต และขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ดำเนินการทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน 1) สำรวจสภาพ ปัญหาของนักเรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสัมภาษณ์ ครูผู้สอนพบว่า นักเรียนมีปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง 2) ศึกษาทฤษฎีการจัดการเรียนรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ เลือกการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วทำการสร้าง แผนการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ นำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ และแผนการ จัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็ว ในการไหลของเลือดที่พัฒนาแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ขั้นที่ 3 ดำเนินการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และสัมภาษณ์หลังการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ประเมินผลการจัดการเรียนรู้จากกรณีวิเคราะห์ทักษะการสร้าง แบบจำลอง และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนเพื่อนำมาพัฒนา แผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน ทำการปรับแผนการ จัดการเรียนรู้โดยมีการใช้คำถาม กำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และ ประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนสังเกตเห็นข้อ แตกต่างของแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง และแบบจำลองของเพื่อน ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ นำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผนการ จัดการเรียนรู้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การลำเลียงสาร ในร่างกายของมนุษย์, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การวัดการ ทำงานของหัวใจ และความดันเลือด, และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6



เรื่อง ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวโน โรค และความผิดปกติของหัวใจที่แก้ไขแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ชั้นที่ 3 ดำเนินการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และสัมภาษณ์หลังการจัดการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ประเมินผลการจัดการเรียนรู้จากการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนเพื่อนำปัญหาพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ชั้นที่ 1 ขึ้นวางแผน ทำการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในช่วงนำเข้าสู่เรียนให้นักเรียนได้ดูวิดีโอ มีการสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียนสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กัน และชี้แนะตลอดในขณะจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ชั้นที่ 2 ขึ้นปฏิบัติ นำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง หมู่เลือดและการให้เลือด และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ระบบน้ำเหลืองที่แก้ไขแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ชั้นที่ 3 ดำเนินการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และสัมภาษณ์หลังการจัดการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ประเมินผลการจัดการเรียนรู้จากการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนเพื่อนำปัญหาพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่นำมาพิจารณาว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนำเอาคะแนนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และคะแนนจากกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมารวมกันผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ เพื่อสรุปผลของการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลองสามารถอธิบายได้ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน, จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียน	ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
	วงจรปฏิบัติการที่ 1		
	แบบทดสอบ ทักษะการสร้าง แบบจำลอง (48 คะแนน)	กิจกรรม การสร้าง แบบจำลอง (48 คะแนน)	รวมทักษะ การสร้าง แบบจำลอง (96 คะแนน)
31 คน			
ค่าเฉลี่ย	31.26	38.10	69.35
ร้อยละ	65.12	79.37	72.24
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31 คน)			19
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31 คน)			12

จากตารางที่ 1 จากการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่านักเรียนมีคะแนนรวมเฉลี่ยจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 69.35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.24 เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนน (1) คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เท่ากับ 31.26 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 65.12 (2) คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 38.10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.37 และมีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย



ทั้งหมด โดยพบปัญหาจากการตรวจสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง พฤติกรรมจากการทำงาน ของนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ดังนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนระบุองค์ประกอบของแบบจำลองทางความคิดที่สร้าง ทำให้ไม่ทราบถึงสิ่งที่นักเรียนต้องการจะสื่อผ่านการวาดแบบจำลองทางความคิด ขั้นตอนการใช้ และประเมิน และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองแบบจำลองนักเรียนไม่มีการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตนเองกับกลุ่มของเพื่อนเพื่อที่จะนำข้อแตกต่างนั้นมาปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง และไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร จึงนำไปสู่การแก้ปัญหาแผนการจัดการเรียนรู้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2

จากการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีการใช้คำถาม กำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนสังเกตเห็นข้อแตกต่างของแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง และแบบจำลองของเพื่อน โดยคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน, จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียน	ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
	วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	แบบทดสอบ ทักษะการสร้าง แบบจำลอง (48 คะแนน)	กิจกรรม การสร้าง แบบจำลอง (48 คะแนน)	รวมทักษะ การสร้าง แบบจำลอง (96 คะแนน)
ค่าเฉลี่ย	35.26	39.74	75.00
ร้อยละ	73.45	82.80	78.13
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31 คน)			27
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31 คน)			4

จากตารางที่ 2 จากการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่านักเรียนมีคะแนนรวมเฉลี่ยจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 75.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.13 เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนน (1) คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เท่ากับ 35.26 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 73.45 (2) คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 39.74 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.80 และมีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 87.10 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด โดยพบปัญหาจากการตรวจสอบแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง พฤติกรรมจากการทำงาน ของนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ดังนี้ นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลอง จึงนำไปสู่การแก้ปัญหาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

วงจรปฏิบัติการที่ 3

จากการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในช่วงนำเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนได้ดูวิดีโอ มีการสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน สร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กัน และชี้แนะตลอดในขณะจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลปรากฏดังตารางที่ 3

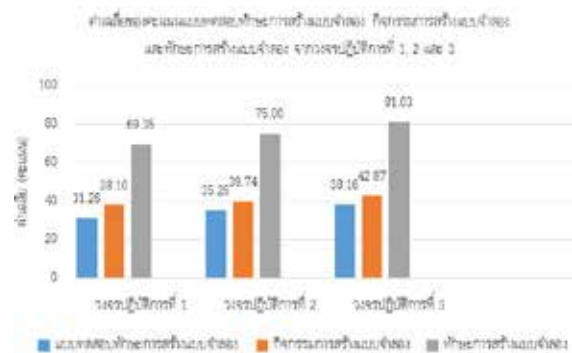


ตารางที่ 3 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงจร, จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียน 31 คน	ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
	วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	แบบทดสอบ ทักษะการสร้าง แบบจำลอง (48 คะแนน)	กิจกรรมการ สร้าง แบบจำลอง (48 คะแนน)	รวมทักษะการ สร้าง แบบจำลอง (96 คะแนน)
ค่าเฉลี่ย	38.16	42.87	81.03
ร้อยละ	79.50	89.31	84.41
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31 คน)	31		
จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31 คน)	0		

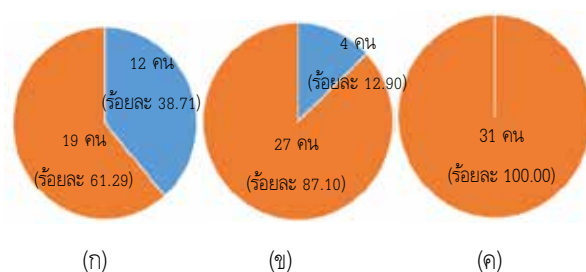
จากตารางที่ 3 จากการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีคะแนนรวมเฉลี่ยจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 81.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.41 เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนน (1) คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เท่ากับ 38.16 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 79.50 (2) คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 42.87 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 89.31 และ มีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งไม่มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่มีการพบปัญหาจากการตรวจแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง พฤติกรรมจากการทำงาน of นักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ดังนี้ ในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลอง เนื่องจาก แบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของเพื่อน เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้ นำปัญหาพัฒนาการจัดการเรียนรู้

ในครั้งถัดไป ซึ่งจากคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง และจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองที่สูงขึ้นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง และทักษะการสร้างแบบจำลอง จากวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง จากคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่เพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับส่งผลให้มีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นเช่นกันดังภาพที่ 3



วงจรปฏิบัติการที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 2 วงจรปฏิบัติการที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงผลจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70



จากทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

● หมายถึง จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

● หมายถึง จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อยู่ 19, 27 และ 31 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29, 87.10 และ 100.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจากวงจรปฏิบัติการที่ 1, วงจรปฏิบัติการที่ 2 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนตามเกณฑ์กำหนดร้อยละ 70 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวนทั้งหมด 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด เมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองโดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 69.35 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนนักเรียนรายบุคคล พบว่ามีนักเรียนจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29 จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 31 คน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างสิ่งต่าง ๆ เช่น แผนภาพ สัญลักษณ์หรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Aubusson, et al., 2006) ซึ่งการนำการสร้างแบบจำลองเข้าสู่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนได้นำความรู้เกี่ยวกับแนวคิด

วิทยาศาสตร์ไปใช้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้กระบวนการปฏิบัติสามารถเข้าถึงได้ และมีความหมายสำหรับผู้เรียน เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.26 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนนเฉลี่ย 38.10 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และเมื่อสังเกตจากคะแนนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง และแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองรวมกันมีคะแนนมากกว่า 70 คะแนนจากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในขณะเดียวกัน มีนักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เมื่อสังเกตคะแนนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์พบว่า นักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองค่อนข้างต่ำ โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 16-27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน จึงทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ที่นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์นั้นมีปัญหาในการเข้าใจเนื้อหาที่เรียนจึงทำให้มีผลต่อคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองด้านองค์ความรู้ เนื่องจาก ในขั้นแรกของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเริ่มต้นจากการให้นักเรียนนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความรู้ และการคิดของนักเรียน จากนั้นจึงเกิดกระบวนการสร้างแบบจำลองภายในซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า การสร้างองค์ความรู้ โดยองค์ความรู้ที่ได้มาคือแบบจำลองทางความคิด (สุทธิดา จารัส, 2555) โดยให้ผู้เรียนอธิบายแนวความคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมผ่านสื่อกลางหรือตัวแทนความคิดที่เรียกว่าแบบจำลอง หากไม่เกิดของผู้นั้นไม่ถูกต้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนเอง และเมื่อพิจารณาคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองของนักเรียน มีคะแนนอยู่ในช่วง 31-41 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 38.10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านการสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นแบบจำลองเริ่มต้นเกี่ยวกับ



ปรากฏการณ์ที่ศึกษา ประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนจึงสร้างแบบจำลอง ต่อมานักเรียนทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยการนำไปทดลองใช้ หากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากข้ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และสุดท้ายเป็นการขยายแบบจำลองโดยนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley, et al., 2004) แต่ในขั้นการเปรียบเทียบ และประเมินนักเรียนยังไม่แน่ใจว่าต้องเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มอื่นกับกลุ่มตนเองอย่างไร จึงทำให้ตัดสินใจไม่ได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีกว่า หรือดีกว่าเพราะอะไร และเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมที่ค่อนข้างจำกัดทำให้บางกิจกรรมที่ไม่ทันเวลาบ้าง โดยผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ที่ครูให้ไปศึกษา และนำมาส่งก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา ก่อนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด หลังการสร้างแบบจำลอง กำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้ และกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียด เพื่อให้ให้นักเรียนได้ทำทุกกิจกรรมในเนื้อหาที่ใช้สอน และปรับเนื้อหาให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 87.10 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 75.00 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 35.26 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนนเฉลี่ย 39.74 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน ซึ่งจากการพิจารณาคะแนนจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบ คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองรวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองที่เพิ่มขึ้น มีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 1

เช่นเดียวกันจากการปรับกิจกรรมกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ล่วงหน้าก่อนเริ่มคาบเรียน ให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองมากกว่าที่จะเป็นผู้บอกเล่าให้นักเรียนจดจำเนื้อหาสาระ (หนังสือ บุญเคลือบ, 2540) และจากการปรับกิจกรรมในขั้นเปรียบเทียบ และประเมิน มีการกำหนดหัวข้อให้เปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกัน และกัน โดยมีผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนโดยการใช้คำถามที่กระตุ้นการเรียนรู้แสดงความคิดเห็น อภิปราย และได้แย้งร่วมกัน (วรวิวัฒน์ ศิลบุตร และ บุญนาค สุขุมเมฆ, 2561) ซึ่งการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิด และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจ ตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison and Treagust, 2000) ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้ นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่ เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น และยังช่วยพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาได้ดีขึ้น แต่หากเนื้อหาในเรื่องที่เรียนค่อนข้างละเอียด มีความยากขององค์ประกอบต่าง ๆ เยอะ อาจทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากโมเดลหลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลองดังเช่นนักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ยังมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาคะแนนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์พบว่า นักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองค่อนข้างต่ำ โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 8-9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน แต่คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นคะแนนกลุ่มแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งคะแนนอยู่ในช่วง 23-27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน ถึงแม้ว่านักเรียนจะมีคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองสูง แต่หากมีคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองต่ำ จึงทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อสังเกตจากคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และจากการสัมภาษณ์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีปัญหาในการทำ



ความเข้าใจเนื้อหาที่เรียน เนื้อหาที่มีความยาก และซับซ้อนขององค์ประกอบที่เรียนมากขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 81.03 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน และเมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 38.16 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนนเฉลี่ย 42.87 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน จึงทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองเพิ่มมากขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 1 และ 2 เนื่องจากมีการจัดกิจกรรมเพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้ของนักเรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวเอง โดยช่วยตรวจสอบโมเดลที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ นักเรียนแต่ละคนแม้จะไปศึกษาเนื้อหาเดียวกัน แต่ความหมายที่ได้อาจแตกต่างกัน (Gabler and Michael, 2003) โดยมโนภาพ และการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นควบคู่กัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิด ที่เป็นการนำเสนอภาพที่เกิดจากการแปลความหมายของข้อมูลสมอง (Gonzalez, 2014) ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาตามไปด้วย นำไปสู่การอภิปรายมโนภาพที่ถูกต้องร่วมกันเป็นการสร้างความรู้ที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองที่มุ่งเน้นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มีอิสระที่จะแสดงความคิด (อารยา ควณิกกุล, 2558) จากคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองถึงแม้จะมีคะแนนที่เพิ่มมากขึ้นแต่จากการพิจารณาคะแนนรายพฤติกรรมของกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วย การสร้าง การใช้ การเปรียบเทียบ และประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง และจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนพบว่า นักเรียนมีปัญหาในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลองเนื่องจาก แบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของกลุ่มอื่นได้ หากมีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ควรทำการปรับปรุงโดยต้องมีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนได้ หลังจากวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 พบว่านักเรียนจำนวน 19 27 และ 31 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29, 87.10 และ 100.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดตามลำดับ ที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลอง 69.35 75.00 และ 81.03 ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้นเนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีชั้นการสอนที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนและช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองให้มีความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติจริงผ่านการใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย (ธนัญญา คงทน และคณะ, 2559) จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ครูผู้สอนควรเลือกเนื้อหาให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และควรคำนึงถึงจำกัดของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรมีเหมาะสมต่อความสามารถ และบริบทของผู้เรียน

1.2 เนื้อหาที่ใช้สอนในคาบเรียนนั้น ๆ ต้องไม่มากเกินไปเนื่องจาก ลักษณะขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างใช้ระยะเวลา เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้มีหลายขั้นตอนและแต่ละขั้นค่อนข้างใช้เวลานาน

1.3 ควรจะกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นให้ชัดเจน และเหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง นักเรียนได้ทำกิจกรรมไปพร้อม ๆ กัน และป้องกันไม่ให้เกิดความวุ่นวายในชั้นเรียน



1.4 หากผู้เรียนสะดวกควรให้ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์การสร้างแบบจำลองเอง เพื่อให้ได้รูปแบบของแบบจำลองที่หลากหลายหลายวัสดุ หลายรูปแบบมากกว่าที่ผู้สอนเป็นผู้เตรียมอุปกรณ์ให้

1.5 ในขั้นนี้ใช้ และประเมินแบบจำลอง เมื่อมีการเปรียบเทียบแบบจำลอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกันจนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของเพื่อนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้ ควรมีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำไปใช้การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป และกับเนื้อหาอื่น ๆ ในวิชาชีพวิทยาหรือสาขาวิชาอื่น ๆ

2.2 ควรจะพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคต่าง ๆ ที่จะช่วยส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะด้านความริเริ่มสร้างสรรค์ และด้านการสื่อสารเนื่องจาก การสร้างแบบจำลองเป็นการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ จากแนวความคิดของผู้เรียนเองหากมีการนำเทคนิคด้านความคิดสร้างสรรค์เข้ามาเกี่ยวข้องอาจทำให้ได้แบบจำลองในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น

2.3 ควรมีการศึกษาค้นคว้าที่เกิดจากการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลักสูตรการเรียนรู้อย่างสั้นหรือระยะยาว เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างยั่งยืน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล กวดขันไทย และ สุมลลี ชูกำแพง. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยาดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 14(2), 63-71.

ชนัญญา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2559).

การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 7(1), 62-76.

นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivist. วารสาร สสวท, 25(96), 11-15.

ภรทพิศ สุภัทชัยวงศ์, ชาติรี ฝ่ายคำตา และ พจนารถ สุวรรณจุ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1(1), 97-24.

ลือชา ลดาชาติ และลลภาภา ลดาชาติ. (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา. วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 2(1), 24-44.

วรวัฒน์ ศิลบุตร และบุญนาค สุขุมเมฆ. (2561). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ "Graduate School Mini-Conference 2018," 102-112.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555).

ครูวิทยาศาสตร์มีอาชีพแนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตดูเคชั่น ชัพ พลายส์.

สุทธิดา จำรัส. (2555). แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/X5Dj4>.

อารยา ควณิกกุล. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารศึกษาศาสตร์, 26(2), 42-55.



- เอกภูมิ จันทระขันตี. (2559). รูปแบบของระบบพี่เลี้ยงและให้คำปรึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการสอนและการทำวิจัย ปฏิบัติการในชั้นเรียนของครูวิทยาศาสตร์. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 10(1), 128-141.
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G., and Ritchie, S. M. (2006). *Metaphor and Analogy in Science Education*. Springer Netherlands.
- Bryce, C. M., Baliga, V. B., Nesnera, K. L. D., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., Wade, C. E., Yovovich, V., Baumgart, S., Bard, D. G., Ash, D., Parker, I. M., and Gilbert, G. S. (2016). Exploring Models in the Biology Classroom. *American Biology Teacher*, 78(1), 35-42.
- Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., and Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning with Bio Logica TM: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know? *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 23-41.
- Gabler, I. C., and Michael, S. (2003). *Constructivist methods for the secondary classroom: engaged mind*. Pearson Education.
- Gobert, J. D., and Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Gonzalez, W. J. (2014). *Bas van Fraassen's Approach to Representation and Models in Science* (W. J. Gonzalez (ed.); Vol. 368). Springer Netherlands.
- Harrison, A. G., and Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Kemmis, S., and McTaggart, R. (1988). The Action research planner (Third edit). [Warrn Ponds, Vic.]: Deakin University: distributed by Deakin University Press.
- Ladachart, L., and Ladachart, L. (2017). Science Teachers ' Perspectives on and Understandings about Scientific Models. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Science)*, 10(3), 149-162.
- Leager, C. (2007). Making models: more than child's play. *Science and Children*, 44(6), 50-52.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Stewart, J., Cartier, J. L., and Passmore, C. M. (2005). Developing understanding through model-based inquiry. The National Academies Press.