

บทความวิจัย

การพัฒนาความเข้าใจโมเดลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารประกอบไอออนิก ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

กฤษฎา พันธ์ชัย^{1,2*} และศักดิ์ศรี สุภาพร^{2,3}¹โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ตำบลสระพัง อำเภอยะโฮย จังหวัดเพชรบุรี²หลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี³ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

*Email: k_panchai@hotmail.com

รับบทความ: 28 สิงหาคม 2563 แก้ไขบทความ: 20 กันยายน 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 24 กันยายน 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจโมเดล เรื่อง สารประกอบไอออนิก ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค โดยมีกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน จากโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค จำนวน 12 ชั่วโมง และเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจโมเดลแบบวินิจัยสองลำดับขั้น จำนวน 21 ข้อ จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจโมเดลพบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมเดลหลังเรียน (mean 37.11, S.D. 6.66) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 18.76, S.D. 6.14) และสูงกว่าคะแนนความคงทนของโมเดล (mean 36.20, S.D. 6.37) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มไม่มีความเข้าใจโมเดลรวมกับกลุ่มความเข้าใจโมเดลผิด (NU+MU) ลดลงจากก่อนเรียน 51.41 ส่วนกลุ่มมีความเข้าใจโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มมีความเข้าใจโมเดลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่รวมกับกลุ่มความเข้าใจโมเดลถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน 35.35 และ 16.11 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความคงทนพบว่าไม่แตกต่างกันกับคะแนนหลังเรียน แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคในลักษณะนี้สามารถทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจโมเดล แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีความคงทนของโมเดลเท่าที่ควร

คำสำคัญ: พันธะไอออนิก วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โมเดลระดับอนุภาค มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

อ้างอิงบทความนี้

กฤษฎา พันธ์ชัย และศักดิ์ศรี สุภาพร. (2563). การพัฒนาความเข้าใจโมเดลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารประกอบไอออนิก ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 3(2), 165-176.

Research Article

Development of grade-10 students' conceptual understanding of ionic compound by using inquiry learning in conjunction with particulate models

Kritsad Pananchai^{1,2*} and Saksri Supasorn^{2,3}

¹*Yothinburana Phetchaburi School, Sapung, Khaoyoi, Phetchaburi*

²*Graduate Programs in Science Education, Faculty of Science, Ubon Ratchatani University, Ubon Ratchathani*

³*Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchatani University, Warinchamrab, Ubon Ratchathani*

*Email: k_pananchai@hotmail.com

Received <28 August 2020>; Revised <20 September 2020>; Accepted <24 September 2020>

Abstract

The main purpose of this research was to develop students' conceptual understanding of ionic compounds by using 5E inquiry learning in conjunction with particulate models. The participants were 26 students, purposively selected from the populations of grade-10 students at Yothinburana Phetchaburi school in Phetchaburi Province. The treatment tool was the learning activities based on inquiry cycle in conjunction with corresponding particulate models (12 hours) and the data collecting tool was the two-tier diagnostic conceptual test (21 items). The *t*-test for dependent samples analysis indicated that the post-conceptual test score (mean 37.11, S.D. 6.66) was significantly higher than the pre-conceptual test score (mean 18.76, S.D. 6.14) and was significantly higher than retention-conceptual test score (mean 36.20, S.D. 6.37) at the 95% confidence level. After the intervention, the percentage of students was decreased from that of the pre-test by 51.41 in the no and mis-conceptual understanding (NU+MU), while increased by 35.35 in the partial with mis-conceptual understanding (PMU), and increased by 16.11 in the partial and sound conceptual understanding (PU+SU) categories. This verified that this intervention was effective to develop students' conceptual understanding, but not effective to promote their retention of conceptual understanding in the particular topic.

Keywords: Ionic bonding, inquiry learning cycle, particulate models, conceptual understanding

Cite this article:

Pananchai, K. and Supasorn, S. (2020). Development of grade-10 students' conceptual understanding of ionic compound by using inquiry learning in conjunction with particulate models (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(2), 165-176.

บทนำ

ในปัจจุบันการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้ทั้งความรู้ กระบวนการและเจตคติ มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลนำไปสู่คำตอบของคำถาม มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สื่อสารคำตอบ ข้อมูล และสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้สาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนต้องเรียนประกอบด้วย ส่วนที่เป็นความรู้ เนื้อหาแนวคิดหลักจิตวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (Ministry of Education, 2008) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (Science inquiry) สามารถพัฒนาของทักษะความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนที่มีมาก่อนตลอดจนพัฒนาให้มีทักษะความรู้ในขั้นที่สูงขึ้น เช่น การวิเคราะห์ การประเมินค่า และสร้างสรรค์ ตาม Bloom's taxonomy (Anderson et al., 2001) กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญ 5 ประการ ซึ่งในแต่ละประการนั้นสามารถพัฒนาทักษะความรู้ในขั้นต่าง ๆ ของผู้เรียนได้ ในแต่ละประการนั้นครูและนักเรียนมีบทบาทมากน้อยที่แตกต่างกัน (Bybee et al., 2006; Supasorn, 2011)

วิชาเคมี เป็นวิชาแขนงหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกับวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรามาก เช่น อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย และอื่น ๆ ที่จำเป็นในการดำรงชีวิต ล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากความรู้หลักการวิชาเคมี และขณะนี้ความรู้หลักการของวิชาเคมีก็ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทำให้ประเทศไทยเรามีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นและก้าวไปเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของประเทศด้วย (Simmaken and Supasorn, 2014)

จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในการเรียนวิชาเคมีเมื่อเปรียบเทียบกับรายวิชาการเรียนแบบบรรยายตามทฤษฎีกับกิจกรรมการทดลอง พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจในกิจกรรมการทดลองมาก เพราะมีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ชัด เช่น การเปลี่ยนแปลงสี การเกิดฟองแก๊ส และตะกอน และนักเรียนจะถามเสมอว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ดังนั้น การจัดการเรียนรู้เคมีด้วยการใช้สื่อประกอบ เช่น แบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวจากอินเทอร์เน็ต สามารถตอบคำถามและสามารถพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ในขั้นบูรณาการของผู้เรียนได้และเหมาะสำหรับการเรียนวิชาเคมี (Simmaken and Supasorn, 2014; Meela and Artdej, 2017; Tipchai et al., 2019) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองก็น่าจะสำหรับการเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก ซึ่งมีส่วนช่วยให้ นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ ยังสามารถพัฒนาทักษะความรู้ขั้นสูง ซึ่งจะส่งผลให้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากการทดสอบในโรงเรียนและการทดสอบระดับชาติได้

จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนเคมีในโรงเรียน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่า การเกิดสารประกอบระหว่าง ‘อะตอมของโลหะกับอโลหะ’ หรือ ‘อะตอมของอโลหะกับอโลหะ’ มีการรวมตัวที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนอย่างไร เกิดเป็นพันธะเคมีชนิดใด รวมทั้งไม่สามารถอธิบายการเกิดพันธะ สมบัติ และการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบดังกล่าวได้ นอกจากนี้นักเรียนยังเกิดความสับสนเกี่ยวกับการเรียกชื่อสารไอออนิก และสารโคเวเลนต์ โดยนักเรียนมักเปลี่ยนเสียงท้ายเป็น -ไต์ และมีกระบวนจำนวนอะตอมของธาตุด้วยภาษากรีก และนักเรียนส่วนมากเข้าใจเกี่ยวกับการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก แต่ไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคได้ (Pananchai and Supasorn, 2018)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อ การละลายน้ำ และการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก แล้วค่อยให้ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะ และบรรยายเสริมความเข้าใจให้ถูกต้องมากขึ้น (Pananchai and Supasorn, 2018) จากจุดเด่นนี้ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการเรียนรู้โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง พันธะไอออนิก ซึ่งพบว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้โมเดลระดับอนุภาคมีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มขึ้น ช่วยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน (Simmaken and Supasorn, 2014; Supasorn et al., 2016; Meela and Artdej, 2017; Tipchai et al., 2019) เนื่องจากในกระบวนการเรียนนักเรียนได้มีการทำงานซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง และนักเรียนสามารถตรวจสอบ และแก้ไขงานได้ในเวลาที่กำหนด พร้อมทั้งมีการให้ข้อเสนอแนะในงาน และเปิดโอกาสให้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้า ของผู้เรียนและสามารถให้คำแนะนำป้อนกลับเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจในความรู้ที่ชัดเจนได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะ และส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนร่วมกับเพื่อน ในรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและได้ตั้งข้อสงสัยหรือเสริมสร้างความเข้าใจที่มีอยู่แล้วให้เพิ่มขึ้น (Salter, Richard and Carey, 2004)

อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ด้วยแบบจำลองนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning: MBL) (Gobert, and Buckley, 2000; Louca and Zacharia, 2012) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้

แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry: MBI) (Windschitl, Thompson and Braaten, 2008; Meela and Artdej, 2017) เป็นต้น ซึ่ง ผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E inquiry learning) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการเรียนวิทยาศาสตร์และได้รับการยอมรับมาหลายทศวรรษ (Bybee et al., 2006; Supasorn, 2011) กอปรกับทั้งผู้สอนและนักเรียนก็คุ้นเคยอยู่แล้ว โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ขั้นการสำรวจและค้นหาให้เป็นกิจกรรมแบบจำลองโมเดลระดับอนุภาคที่จับต้องได้แทนการสำรวจค้นหาผ่านการทดลอง ซึ่งเหมาะสำหรับหัวข้อสารประกอบไอออนิกที่เป็นเนื้อหาที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบจำลองโมเดลระดับอนุภาคนั้นเอง

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจโมเดลและร้อยละของนักเรียนในระดับความเข้าใจโมเดลแต่ละระดับทั้งในกรณีก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของโมเดล จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่องสารประกอบไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จำแนกรายละเอียดได้ดังนี้

แบบแผนการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้และวัดผลความคงทนของความรู้ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่องสารประกอบไอออนิก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน แผนการเรียนวิทย์-คณิต ในภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2560 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ซึ่งมีเพียง 1 ห้อง สำหรับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากประชากรทั้งหมดซึ่งเข้าร่วมกิจกรรมครบทุกขั้นตอนครบทุกราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่อง สารประกอบไอออนิก ตามหลักการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น และมีการสำรวจและค้นหาคำตอบด้วยโมเดลระดับอนุภาค จำนวน 4 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดกิจกรรมการเรียนรู้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมแบบจำลองระดับอนุภาค
1. การเกิดพันธะไอออนิก	- กิจกรรมผู้รับสุขใจ ผู้ให้ได้บุญ	- กิจกรรมการสร้างแบบจำลองระดับอนุภาคของการเกิดพันธะไอออนิก
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- เกมเธอคือฉัน ฉันคือเธอ: จับคู่สูตรเคมีและชื่อจากบัตรคำที่กำหนดให้ - การเขียนสูตรจากชื่อสารประกอบที่กำหนดให้	- กิจกรรมการสร้างแบบจำลองระดับอนุภาคแสดงอัตราส่วนอะตอมของธาตุที่เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	- การทดลอง เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	- กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค แสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกจากโจทย์กำหนดให้
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	- การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	- กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค แสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการเรียนรู้จะดำเนินการคล้ายกัน ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ตามรายละเอียดต่อไปนี้

1.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นสร้างความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนโดยการให้ชมวิดีโอการ์ตูนภาพภาพเคลื่อนไหวภาษาอังกฤษโดยค้นด้วยคำว่า Ionic bond จาก YouTube จากนั้น ถามนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดพันธะระหว่างธาตุแต่ละชนิดว่าจะเกิดเป็นพันธะชนิดใด เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น (นักเรียนช่วยกันตอบด้วยความอยากรู้)

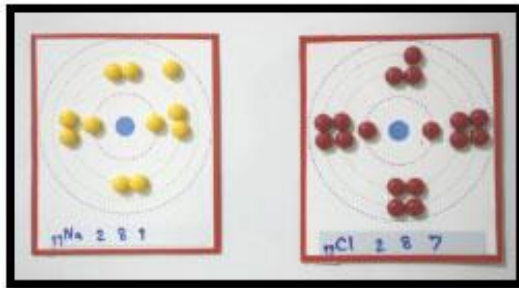
1.2) ขั้นสำรวจและค้นหา จะเน้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการออกแบบกิจกรรม สร้างคำอธิบายและขยายแนวคิดจากการทดลองได้ด้วยตนเอง โดยครูแบ่งกลุ่มนักเรียนคละความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน กลุ่มละ 4-6 คน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก (ภาพที่ 1) และอธิบายการใช้ชื่อโมเดลระดับอนุภาคที่

สมมติขึ้นจากเม็ดแม่เหล็กหลากสี เพื่อให้นักเรียนช่วยกันสืบเสาะหาคำตอบ นักเรียนอาจหาได้หลายรูปแบบตามความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน

1.3) ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนใช้สื่อแล้วได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนสามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนได้ทุกรายหรือไม่ และพันธะไอออนิกเกิดขึ้นได้อย่างไร อิเล็กตรอนหรือแม่เหล็กสีมีความหมายว่าอย่างไร นักเรียนช่วยกันอภิปรายและครูช่วยปรับแก้ไขความเข้าใจของนักเรียนให้ถูกต้อง

1.4) ขั้นขยายความรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานที่เกี่ยวข้องในการเกิดพันธะไอออนิก

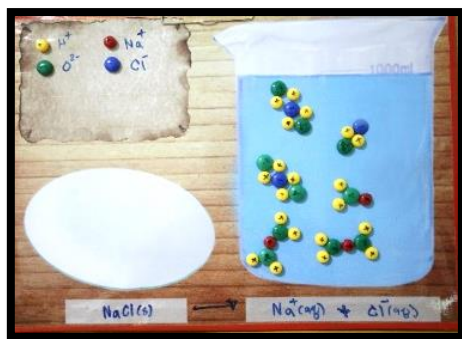
1.5) ขั้นประเมินผล ตรวจสอบการเขียนบันทึกของนักเรียน พฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง



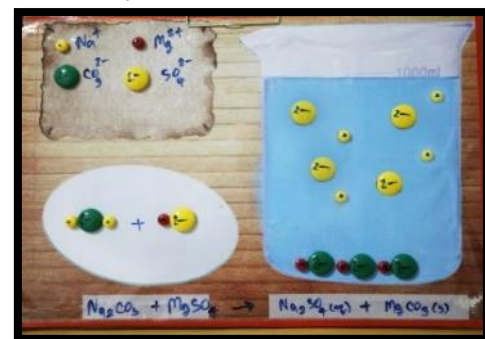
(ก) เกิดพันธะไอออนิก



(ข) การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก



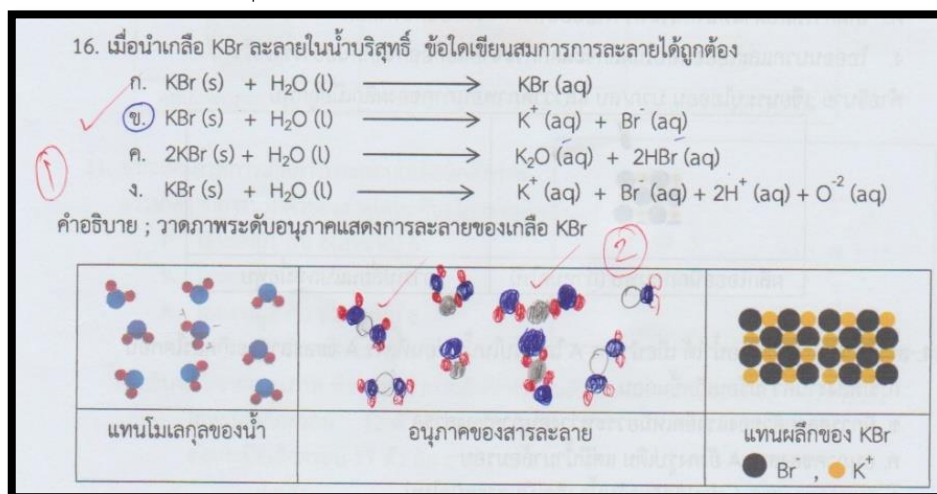
(ค) การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก



(ง) ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง สารประกอบไอออนิก

2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลแบบวินิจัย 2 ลำดับชั้น เรื่อง สารประกอบไอออนิก จำนวน 21 ข้อ โดยชั้นที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว และชั้นที่ 2 เป็นการเขียนตอบแสดงเหตุผลเพื่อแสดงความเข้าใจโมเดลในเรื่องนั้น หรืออาจจะเป็นการเขียนอธิบายหรือวาดภาพแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับพันธะไอออนิก ซึ่งข้อมูลในชั้นที่ 2 จะเน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในระดับอนุภาค ดังตัวอย่างแบบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนนในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดโมเดลแบบวินิจัย 2 ลำดับชั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

- 1) ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจโมโนมิติ เรื่อง สารประกอบไอออนิก จำนวน 21 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที
- 2) ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง
- 3) ทดสอบหลังเรียนทันที (Immediate post-test) เรียกว่า การทดสอบหลังเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจโมโนมิติ เรื่อง สารประกอบไอออนิก ซึ่งเป็นแบบวัดชุดเดิมแต่มีการสลับข้อคำถามและสลับตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ
- 4) ทดสอบหลังเรียนจบไปแล้ว 3 สัปดาห์ (Delayed post-test) เรียกว่า การทดสอบความคงทนของมโนมิติ โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจโมโนมิติ เรื่อง สารประกอบไอออนิก ซึ่งเป็นแบบวัดชุดเดิมแต่มีการสลับข้อคำถามและสลับตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- 1) ตั้งเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบวัดความเข้าใจโมโนมิติแต่ละข้อตามเกณฑ์ของ Supasorn et al. (2016) โดยขั้นที่ 1 เป็นแบบปรนัย นักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูกได้ 1 และนักเรียนที่ตอบตัวเลือกผิดได้ 0 และขั้นที่ 2 เป็นการเขียนหรือวาดภาพแสดงเหตุผลสำหรับคำตอบขั้นที่ 1 โดยผู้ตรวจจะพิจารณาการให้คะแนนตามประเด็นที่ตั้งไว้ในแต่ละข้อ ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้ง 0.00 0.25 0.50 หรือ 0.75 คะแนน เมื่อรวมทุกประเด็นคำตอบที่ครอบคลุมแล้วจะได้คะแนนเต็มในขั้นนี้ 2 คะแนน จากนั้นนำคะแนนทั้ง 2 ขั้น มารวมกันและจำแนกกลุ่มความเข้าใจโมโนมิติของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Pananchai et al., 2018; Chairam, Jarujamrus and Amatotongchai, 2018; Tipchai et al., 2019) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจโมโนมิติของนักเรียนจากแบบวัดมโนมิติวิทยาศาสตร์

กลุ่มความเข้าใจโมโนมิติ	การพิจารณาคำตอบในแต่ละส่วน	
	ตัวเลือก	เหตุผล*
ถูกต้องสมบูรณ์ (SU)	ถูกต้อง	ถูกต้องสมบูรณ์ (มี S ครบทุกประเด็น)
ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	ถูกต้อง	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และไม่มีส่วนผิด (มี S ไม่ครบ แต่ไม่มี M)
ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU)	ถูกต้อง	ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (มีทั้ง S และ M)
	ผิด	ถูกต้องอย่างสมบูรณ์ (มี S ครบทุกประเด็น)
	ผิด	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (มี S ไม่ครบ แต่ไม่มี M)
ผิด (MU)	ผิด	ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (มีทั้ง S และ M)
	ผิด	ไม่ถูกต้อง แต่ยังเกี่ยวข้องกับโจทย์ (มี M ไม่มี S)
ไม่มีความเข้าใจ (NU)	ผิด	ไม่เกี่ยวกับโจทย์/ไม่แสดงเหตุผล (ไม่มีทั้ง S และ M)
ไม่มีคำตอบ (NR)	ถูกต้องหรือผิด	ไม่แสดงเหตุผล

*S และ M แทนรหัสของความเข้าใจโมโนมิติที่ถูกต้องและผิด ตามลำดับ

- 2) เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโมโนมิติของนักเรียนทั้งกรณีคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียน และกรณีคะแนนหลังเรียนกับคะแนนความคงทนของมโนมิติ โดยการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในกรณีที่คะแนนความคงทนของมโนมิติสูงกว่าหรือไม่แตกต่างจากคะแนนหลังเรียน จะถือว่านักเรียนมีความเข้าใจโมโนมิติที่คงทน
- 3) คำนวณความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งในกรณีที่นักเรียนร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (%actual learning gain) ซึ่งคำนวณจากร้อยละของคะแนนหลังเรียนลบด้วยร้อยละของคะแนนก่อนเรียน และในกรณีที่เป็นการวัดความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain: <g>) ซึ่งคำนวณตามสูตรของ Hake (1998) ได้แก่ <g> = (%post-test – %pre-test)/ (100% – %pre-test) โดยที่ค่า <g> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.30 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับต่ำ ค่า <g> มากกว่า 0.30 แต่ไม่น้อยกว่า 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลาง และค่า <g> มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับสูง (Hake, 1998; Supasorn et al., 2016)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนคติ

จากการวิเคราะห์คะแนนมโนติก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนความคงทนของมโนคติ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 18.76 (S.D. 6.14) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 37.11 (S.D. 6.66) เมื่อศึกษาความคงทนของมโนคติ หลังจากเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนของมโนคติเฉลี่ยเป็น 36.20 (S.D. 6.37) จากการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (paired samples t-test) พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (t_{cal} 26.682, p -value .000) และยังสูงกว่าคะแนนความคงทนของมโนคติเมื่อเรียนผ่านไป 3 สัปดาห์ (t_{cal} 3.039, p -value .006) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคในลักษณะนี้ สามารถพัฒนาความเข้าใจโนมติก่อนเรียน เรื่อง สารประกอบไอออนิก ของนักเรียนได้ แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คงทนได้เท่าที่ควร

ผลการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียน เรื่อง สารประกอบไอออนิก สามารถจำแนกออกเป็น 4 เนื้อหาย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน แยกตามเนื้อหา เรื่อง สารประกอบไอออนิก

เนื้อหา (คะแนน)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			% ก้าวหน้า	<g>	ความคงทนของมโนคติ		
	mean	S.D.	%	mean	S.D.	%			mean	S.D.	%
1. การเกิดพันธะไอออนิก	4.61	1.88	25.64	10.20	2.50	56.67	31.03	0.42	9.71	2.31	53.95
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อ	5.89	2.49	32.75	10.69	2.05	59.40	26.65	0.40	10.34	2.11	57.43
3. การละลายน้ำ	4.54	2.07	30.25	9.01	1.94	60.12	29.87	0.43	9.32	1.82	62.18
4. ปฏิกิริยา	3.71	1.40	30.92	7.19	1.51	59.93	29.01	0.42	6.82	1.58	56.89
รวม	18.76	6.14	29.77	37.11	6.66	58.89	29.12	0.41	36.20	6.37	57.49

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า $p < 0.05$)

หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคพบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนในทุก ๆ เนื้อหา โดยเนื้อหาเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกมีร้อยละคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนสูงสุด (60.12) เนื่องจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคในการเรียนรู้การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ซึ่งนักเรียนได้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เป็นลักษณะทางกายภาพเมื่อละลาย ทำให้นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนในหัวข้อนี้สูงสุด ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนต่ำสุด (56.67) คือ เนื้อหาเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก แต่หากเมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละความก้าวหน้าระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแล้ว พบว่า เนื้อหานี้นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (%actual gain) มากที่สุดคือ 31.03 เนื่องจากการทำกิจกรรมแบบสืบเสาะโดยใช้โมเดลระดับอนุภาคมอธิบายลักษณะขั้นตอนการเกิดสารประกอบไอออนิกที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นประจุบวกและลบและดึงดูดกันด้วยแรงทางไฟฟ้า ทำให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจมากขึ้นจึงทำให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนที่สูง เมื่อพิจารณาแยกตามเนื้อหาเรื่องสารประกอบไอออนิก พบว่าทุกเนื้อหานักเรียนมีคะแนนมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสูงกว่าประมาณ 2 เท่า แต่ทั้งนี้ยังไม่ถือว่าสูงมากนักเพราะคะแนนส่วนใหญ่อ้างอิงต่ำกว่าร้อยละ 60 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติที่ 0.41 ซึ่งถือว่าเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลางทุกเนื้อหา

จากคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไอออนิก ที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้โมเดลระดับอนุภาค สามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่โนมติวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) สามารถพัฒนาคะแนนความเข้าใจโนมติก่อนเรียนและความสามารถในการอธิบายของนักเรียนให้สูงกว่าก่อนเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Gobert and Buckley, 2000; Windschitl, Thompson and Braaten, 2008; Meela and Artdej, 2017) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองระดับอนุภาคยังมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้เรียนเคมีในระดับอนุภาคที่จำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และเมื่อนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจโนมติก่อนเรียนในระดับมหภาค ระดับสัญลักษณ์และระดับอนุภาค ก็จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เคมีที่สมบูรณ์มากขึ้นนั่นเอง (Johnstone, 1993; Supasorn, 2012) ซึ่งกระบวนการเรียนรู้แบบ

สืบเสาะจะมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้มีการสืบค้น เสาหา สำรองตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนนักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน (Faikhamta, 2008) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลาง ให้เข้าใจมโนคติได้ดีขึ้น (Supasorn, 2011) และช่วยเพิ่มความเข้าใจให้กับนักเรียนมากขึ้น เนื่องจากได้เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยใช้คำถามกระตุ้น ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร อธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ แล้วสามารถสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเอง (Kruekum and Wuttisela, 2013)

ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจมโนคติ ก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนคติ

จากการวิเคราะห์คะแนนของแบบทดสอบแต่ละข้อตามเกณฑ์การให้คะแนน โดยตัวเลือกจะมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน และเหตุผลจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน ซึ่งวิเคราะห์จากประเด็นพิจารณาการให้เหตุผลหรืออธิบายในข้อนั้น ๆ และจัดกลุ่มนักเรียนตามระดับความเข้าใจมโนคติออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มความเข้าใจมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) กลุ่มความเข้าใจมโนคติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) กลุ่มความเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) กลุ่มความเข้าใจมโนคติผิด (MU) และกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจมโนคติ

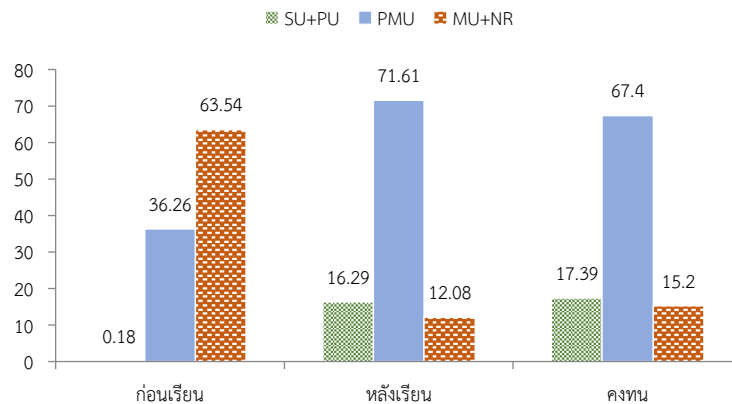
รายการ	ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนคติ*						
	SU & PU			PMU	MU & NR		
	SU+PU	SU	PU		MU	NR	MU+NR
ก่อนเรียน	0.18	0.00	0.18	36.26	63.00	0.54	63.54
1. การเกิดพันธะไอออนิก	0.00	0.00	0.00	35.25	64.10	0.64	64.74
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อ	0.00	0.00	0.00	37.17	62.82	0.00	62.82
3. การละลายน้ำ	0.76	0.00	0.76	40.00	57.69	1.53	59.22
4. ปฏิกิริยา	0.00	0.00	0.00	31.73	68.26	0.00	68.26
หลังเรียน	16.29	2.01	14.28	71.61	12.08	0.00	12.08
1. การเกิดพันธะไอออนิก	17.94	5.12	12.82	62.82	19.23	0.00	19.23
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อ	17.94	1.92	16.02	74.35	7.69	0.00	7.69
3. การละลายน้ำ	13.84	0.00	13.84	71.53	14.61	0.00	14.61
4. ปฏิกิริยา	14.42	0.00	14.42	80.76	4.80	0.00	4.80
ความคงทนของมโนคติ	17.39	2.01	15.38	67.39	15.02	0.00	14.47
1. การเกิดพันธะไอออนิก	16.67	3.85	12.82	60.90	22.44	0.00	22.44
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อ	16.02	1.92	14.10	73.72	10.26	0.00	10.26
3. การละลายน้ำ	20.77	1.54	19.23	64.62	14.62	0.00	14.62
4. ปฏิกิริยา	16.35	0.00	16.35	71.15	12.50	0.00	8.65

* ผลการวิจัยครั้งนี้ไม่มีนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจมโนคติ (NU)

จากข้อมูลในตารางร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนติระดับต่าง ๆ ในกรณีก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนคติ (ตารางที่ 4) จะเห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนคติผิด (MU) คิดเป็น 63.00 และกลุ่มมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) คิดเป็น 36.26 และภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค พบว่า นักเรียนสามารถเขียนคำตอบในส่วนของเหตุผลได้ทุกคน และมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนคติผิด (MU) ลดลงจาก 63.00 เป็น 12.08 และร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) เพิ่มขึ้นจาก 36.26 เป็น 71.61 ซึ่งอธิบายได้ว่า หลังจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองระดับอนุภาค เรื่อง สารประกอบไอออนิก ในครั้งนี้ สามารถทำให้นักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนคติผิดพัฒนามาอยู่ในกลุ่มเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) และนอกจากนี้ยังมีร้อยละของนักเรียนที่เข้าใจมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) เพิ่มขึ้น

จากร้อยละ 0.00 เป็นร้อยละ 2.01 และทำให้นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนามาอยู่ในกลุ่มความเข้าใจโมเดลถูกบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) และยังสามารถพัฒนาไปอยู่ในกลุ่มความเข้าใจโมเดลถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ได้ เมื่อพิจารณาความคงทนในการเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) เช่นเดียวกับโมเดลหลังเรียนและไม่พบกลุ่มนักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบ ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองระดับอนุภาคสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจโมเดลของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ ตลอดจนช่วยลดความเข้าใจโมเดลที่ผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Simmakenand Supasorn, 2014; Meela and Artdej, 2017; Tipchai et al., 2019)

จากตารางที่ 4 เพื่อให้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมเดลของนักเรียนมากขึ้น ผู้วิจัยได้รวมกลุ่มความเข้าใจโมเดลจาก 5 กลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มไม่มีคำตอบรวมกับกลุ่มเข้าใจโมเดลผิด (NR+MU) กลุ่มความเข้าใจโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มเข้าใจโมเดลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่รวมกับกลุ่มเข้าใจโมเดลถูกต้องสมบูรณ์ (SU+PU) จะพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละคะแนนรวมสูงสุด 63.54 อยู่ในโมเดลไม่มีคำตอบรวมกับกลุ่มโมเดลผิด (NR+MU) และหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละคะแนนรวมสูงสุด 71.61 อยู่ในกลุ่มโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ซึ่งเมื่อพิจารณาร้อยละการเปลี่ยนแปลงจะพบว่ากลุ่มโมเดลไม่มีคำตอบรวมกับโมเดลผิด (NR+MU) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (-51.46) ซึ่งนักเรียนที่เคยอยู่ในกลุ่มนี้ ได้มีการพัฒนาโมเดลไปในทางที่ดีขึ้นและอยู่ในกลุ่มโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ซึ่งมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 35.35 หรืออาจไปอยู่ในกลุ่มโมเดลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่รวมกับกลุ่มเข้าใจโมเดลถูกต้องสมบูรณ์ (SU+PU) ซึ่งมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 16.11 ดังภาพที่ 3



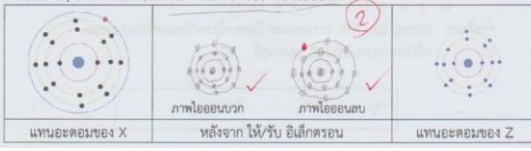
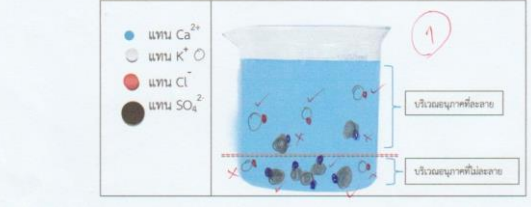
ภาพที่ 3 กราฟแสดงร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโมเดลระดับต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโมเดลระดับต่าง ๆ เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียน (หลังเรียนทันที) กับความคงทนของโมเดล (หลังจากเรียนผ่านไป 3 สัปดาห์) พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโมเดลต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงจากหลังเรียนมากนัก โดยเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์มีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโมเดลผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยทุกหัวข้อ และมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) กับกลุ่มเข้าใจโมเดลถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มโมเดลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ลดลงเกือบทุกหัวข้อ และไม่พบนักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบ โดยร้อยละของนักเรียนที่มีโมเดลถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มโมเดลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงสุด 20.77 คือโมเดลเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ส่วนร้อยละของนักเรียนที่มีโมเดลถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) สูงสุด 73.72 คือโมเดลเรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และร้อยละของนักเรียนที่มีโมเดลผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สูงสุด 22.44 คือ การเกิดพันธะไอออนิก

ตัวอย่างการวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโมเดลของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลเป็นรายข้อ โดยในที่นี้จะขอ ยกตัวอย่างผลการวิเคราะห์แบบทดสอบบางข้อ ซึ่งแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
6. ธาตุสมมติ X มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานหลักเป็น 2 8 8 ธาตุสมมติ Z มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานหลักเป็น 2 8 7 เมื่อสองธาตุนี้เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก จะมีสูตรของสารประกอบอย่างไร ก. XZ ☒ ข. X_2Z_7 ค. X_7Z_2 ง. XZ_2 คำอธิบาย : วาดภาพอะตอม แสดงการเกิดสารประกอบไอออนิก  แทนอะตอมของ X หลังจาก ให้/รับ อิเล็กตรอน แทนอะตอมของ Z	นักเรียนตอบตัวเลือกถูกต้องและประเด็นเหตุผลถูกต้องครบทั้ง 4 ประเด็น คือ (1) ธาตุ X กลายเป็นไอออนบวก ส่วนธาตุ Z กลายเป็นไอออนลบ (2) ขนาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลาง และขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลาง (3) จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลาง อยู่ 1 ตัว และ (4) จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวกลดลง และจำนวนระดับพลังงานของไอออนลบเท่ากับของอะตอมกลาง (พิจารณาเวเลนซ์อิเล็กตรอน)
16. เมื่อนำเกลือ KBr ละลายในน้ำบริสุทธิ์ ข้อใดเขียนสมการการละลายได้ถูกต้อง ก. $KBr(s) + H_2O(l) \rightarrow KBr(aq)$ ข. $KBr(s) + H_2O(l) \rightarrow K^+(aq) + Br^-(aq)$ ค. $2KBr(s) + H_2O(l) \rightarrow K_2O(aq) + 2HBr(aq)$ ง. $KBr(s) + H_2O(l) \rightarrow K^+(aq) + Br^-(aq) + 2H^+(aq) + O^{2-}(aq)$ คำอธิบาย : วาดภาพระดับอนุภาคแสดงการละลายของเกลือ KBr  แทนโมเลกุลของน้ำ อนุภาคของสารละลาย แทนผลึกของ KBr	นักเรียนตอบตัวเลือกถูกต้องและประเด็นเหตุผลถูกต้องครบทั้ง 3 ประเด็น คือ (1) โครงร่างผลึกของเกลือกระจายออกจากกัน (2) โครงร่างผลึกของเกลือกระจายออกจากกันแบบเป็นอนุภาคเดี่ยวๆ (K^+ และ Br^-) และ (3) แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออนบวก และไอออนลบ
21. ขอมแข็ง 2 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ผสมปนกันในน้ำ 100 cm^3 ใช้แท่งแก้วคน แล้วทิ้งทิ้งไว้ 20 นาที พบว่าเกิดปฏิกิริยาและมีการตกตะกอนอยู่ที่ก้นบีกเกอร์ ตะกอนดังกล่าวควรเป็นสารใด (กำหนดให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์) ก. $CaCl_2$ ☒ ข. $CaSO_4$ ค. KCl ง. K_2SO_4 คำอธิบาย : วาดภาพระดับอนุภาคแสดงสารที่ตกตะกอน  แทน Ca^{2+} แทน K^+ แทน Cl^- แทน SO_4^{2-} บริเวณอนุภาคที่ละลาย บริเวณอนุภาคที่ไม่ละลาย	นักเรียนตอบตัวเลือกถูกต้องและประเด็นเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คือ (1) วาดอนุภาคของสารที่ไม่ละลายได้ถูกต้อง (2) วาดอนุภาคของสารที่ละลายถูกต้อง (3) วาดอนุภาคของสารที่ละลายอยู่ด้านบนของบีกเกอร์ ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และ (4) วาดอนุภาคที่ไม่ละลายตกลงก้นบีกเกอร์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เพราะมีอนุภาคส่วนที่ไม่ละลายไปปะปนอยู่กับขอบเขตของอนุภาคที่ละลายได้ด้านบน และมีอนุภาคส่วนที่ละลายไปปะปนอยู่กับขอบเขตของอนุภาคที่ไม่ละลายได้ด้านล่าง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดหลังเรียน (mean 37.11, S.D. 6.66) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดก่อนเรียน (mean 18.76, S.D. 6.14) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ หรือ $<g>$ เป็น 0.41 จัดอยู่ในระดับความก้าวหน้าปานกลาง อย่างไรก็ตาม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความคงทนของมโนคติ (mean 36.20, S.D. 6.37) ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่ากิจกรรมนี้ยังไม่สามารถสนับสนุนให้นักเรียนมีความคงทนของมโนคติเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังพบว่า สัดส่วนของนักเรียนที่มีความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องในกลุ่มความเข้าใจแนวคิดสมบูรณ์และถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (SU+PU) เพิ่มขึ้น ในขณะที่สัดส่วนของนักเรียนที่มีความเข้าใจแนวคิดที่ผิดหรือไม่ถูกต้องในกลุ่มความเข้าใจแนวคิดถูกบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ความเข้าใจแนวคิดผิดและไม่มีความเข้าใจแนวคิด (MU+NU) และไม่มีคำตอบ (NR) ลดลง แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยด้วยโมเดลระดับอนุภาค เป็นเครื่องมือในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่อง สารประกอบไอออนิก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองโดยลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น และส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงจากมโนคติที่ถูกต้องน้อยหรือผิดไปเป็นความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ อาจจะมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยแบบโมเดลระดับอนุภาคซึ่งเป็นสื่อการสอนที่จับต้องได้ นักเรียนเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคทำให้นักเรียนมีความรู้และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลระดับอนุภาคนั้น ครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามหรือเกิดข้อสงสัย เกิดความคิด และเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลผลคำตอบหรือข้อสรุปด้วย

ตนเอง (Khammanee, 2017) ทำให้ผู้เรียนได้คิด ค้นคว้า ปฏิบัติและมีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่ม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง (Jaitieng, 2010) อีกทั้งการใช้โมเดลระดับอนุภาคนั้น เป็นการศึกษาที่เป็นรูปธรรม ในขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกรู้สึกหรือความต้องการที่จะสืบค้นหรือแสวงหาความรู้ ทำให้กิจกรรมมีความหมายต่อผู้เรียนและมีความท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ (Khammanee, 2017) พัฒนาโมเดลระดับอนุภาคให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นการสอนที่หลากหลายมากขึ้น

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

- 1) ควรมีการเก็บข้อมูลหลาย ๆ รูปแบบเพื่อใช้ในการวัดประเมินผล ตรวจสอบ และสรุปผลมโนทัศน์ของนักเรียน เช่น เก็บข้อมูล จากแบบสัมภาษณ์ และแบบสอบถาม เป็นต้น
- 2) ควรมีการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยแบบจำลองเชิงกายภาพไปใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและปรับแก้มโนทัศน์ของนักเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ
- 3) การสร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ควรจะเหมาะสมกับทั้งเนื้อหาและกลุ่มตัวอย่าง ถ้าแบบวัดยากเกินไปจะส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนต่ำกว่าที่ควรจะเป็น
- 4) ควรมีการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงกายภาพกับการเรียนรู้รูปแบบอื่นที่เหมาะสมมากขึ้น เช่น การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBL) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Rath, J., Wittrock, M. C. (2001). **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives**. New York: Longman.
- Bybee R. W., Taylor J. A., Gardner A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications**. Colorado Springs: BSCS.
- Chairam, S., Jarujamrus, P. and Amatongchai, M. (2018). Exploring students' understanding of solution (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 1(2), 152-161.
- Faikhanta, C. (2008). Student alternative conceptions in chemistry (in Thai). **Journal of Education Prince of Songkla University**, 19(2), 10-25.
- 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.
- Hake, R. R. (1998). Interactive engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, 61(1), 64-74.
- Jaitieng, A. (2010). **Teaching principles** (5 ed.) (in Thai). Bangkok: Odeon Store.
- Johnstone, A. H. (1993). Introduction. In C. Wood and R. Sleat (Eds.), **Creative problem solving**. London: Royal Society of Chemistry.
- Khammanee, T. (2017). **Collection of academic articles, strategies for quality enhancement of school, teacher, curriculum and learning management** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Kruekum, K. and Wuttisela, W. (2013). Effect of a POED learning management on student's ability to predict, observe, explain, and discussion in chemical equilibrium outcome for Mathayomsuksa V students (in Thai). In **Proceedings of the 7th Ubon Ratchathani University Research Conference** (pp. 388-398). Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.
- Louca, L. T. and Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. **Educational Review**, 64(4), 471-492.

- Meela, P. and Artdej, R. (2017). Model based inquiry and scientific explanation: Promoting meaning-making in classroom (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 19(3), 1-15.
- Ministry of Education. (2008). **Indicators and core content for the science learning area based on the Core content Basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand.
- Pananchai, K., Matarat, P., Tamuang, S. and Supasorn, S. (2018). Eleventh grade students' conceptual understanding and mental models on chemical equilibrium from learning by using inquiry incorporated with predict-observe-explain technique (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 1(1), 49-60.
- Pananchai, K. and Supasorn, S. (2018). Development of conceptual understandings on ionic bond formation, formula and naming of ionic compounds by using 5E inquiry learning in conjunction with particulate models for grade-10 students (in Thai). in **Proceedings of the 6th CAS National and International Conference 2018** (pp. 514-525). Khon Kaen: College of Asian Scholars.
- Salter, D., Richards, L. and Carey, T. (2004). The T5 design model: An instructional model and learning environment to support the integration of online and campus-based courses. **Educational Media International**, 41(3), 207-218.
- Simmaken, P. and Supasorn, S. (2014). Developing of scientific conceptual understanding of covalent bond by using inquiry learning activities incorporated with physical models (in Thai). In **Proceedings of the 8th National Graduate Research Conference** (pp. 1-8). Udon Thani: Udon Thani Rajabhat University.
- Supasorn, S. (2011). Science inquiry process in high school chemistry experiments: A review of science education research studies from Ubon Ratchathani University (in Thai). **Journal of Education Prince of Songkla University**, 22(3), 331-343.
- Supasorn, S. (2012). Roles of mental models in learning chemistry at molecular level (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 35(1), 1-7.
- Supasorn, S., Supasorn, N., Athiwaspong, W. and Phonchaiya, S. (2016). Development of conceptual understandings on solutions by using inquiry experiments in conjunction with particulate animations for grade 8 students (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 7(1), 28-47
- Tipchai, A., Meewong, C., Wuttisela, K. and Supasorn, S. (2019). Grade-10 students' conceptual understanding of covalent bonding and molecular shapes from inquiry learning by using physical models (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 2(1), 43-56.
- Windschitl, M., Thompson, J. and Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. **Science Education**, 92, 941-967.