



การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี
เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง พันระเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางพรรณนิภา จันทะวงศ์



โรงเรียนเทินวิทยา อำเภอเทิน จังหวัดลำปาง
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปางลำพูน
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี
เพื่อพัฒนามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
Learning management by using a model as a base in conjunction with
integrating technology to develop the concept of Ionic bonds
of Grade 4 students

พรรณีภา ฉันทะวงศ์¹
(Phannipa Chanthawong¹)

¹กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเนินวิทยา จังหวัดลำปาง
182 ตำบลล้อมแรด อำเภอนาดี จังหวัดลำปาง 52160
อีเมลผู้แต่งหลัก : Pyongthanasarakun@gmail.com เบอร์โทร : 091-859-3381

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนามโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนเนินวิทยา จังหวัด
ลำปาง ที่เรียนหลักสูตรวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งหมด
34 คน ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เนื้อหาที่ใช้จัดกิจกรรมและการเรียนรู้คือ เรื่อง
พันธะไอออนิกเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แบบวัด
มโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก จำนวน 15 ข้อ พร้อมให้นักเรียนอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี
เพื่อพัฒนามโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก มีมโนคติเกี่ยวกับพันธะไอออนิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
โดยคะแนนแบบวัดมโนคติของนักเรียนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 11.76 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 76.40
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนมีค่า เท่ากับ 9.45 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 6.45 โดยนักเรียนมีการ
เปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ จากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจ
ที่ถูกต้อง (PU) คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง จากระดับความเข้าใจ
คลาดเคลื่อน (AC) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้อง (PU) คิดเป็นร้อยละ 63.64 ของจำนวนคำตอบที่มี
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด
(CU) คิดเป็นร้อยละ 1.65 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง และจากระดับความเข้าใจ
คลาดเคลื่อน (PS) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) คิดเป็นร้อยละ 33.88 ของจำนวน
คำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ : แบบจำลองเป็นฐาน, การบูรณาการเทคโนโลยี, มโนคติพันธะเคมี

Abstract

This research aims to study the effect of model-based learning management together with the integration of technology to develop the concept of ionic bonding of secondary school students. The target groups used in the research were 34 students in Mathayomsuksa 4/2, Thoen Wittaya School, Lampang Province, who studied science-mathematics courses in the first semester of the academic year 2022, totaling 34 students. The content used in the activities and learning management was ionic bonding. Research tools consisted of 3 learning management plans, 15-item consensus measure on ionic bonding. choose answer

The results showed that Students who studied using the model as a base in conjunction with the integration of technology to develop a concept of ionic bonds had higher ionic bonds after class than before. The mean score of the students' consensus measure before school was 11.76, and after school the mean was 76.40. The standard deviation before school was 9.45 and after school was 6.45. The students had a change in their understanding of scientific concepts. From the level of incomprehension (NU) to the level of comprehension (PU) accounted for 0.83 percent of the number of responses changed. From the level of comprehension (AC) to the level of comprehension (PU), 63.64% of the number of responses changed from the level of comprehension (AC) to the level of comprehension of the most accurate. (CU) accounted for 1.65 percent of the number of responses changed. And from the level of misunderstanding (PS) to the most accurate level (CU) accounted for 33.88% of the changes in the number of answers.

Keywords : model-based learning, integration of technology, concept of ionic bonding

บทนำ

วิชาเคมี จัดอยู่ในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งเป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่มีความสำคัญและมีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ในทุกๆ ด้าน ล้วนเป็นผลมาจากการค้นพบและการประยุกต์ใช้กฎต่างๆ ทางเคมี จึงมีความจำเป็นที่จะต้องการศึกษากฎและหลักการพื้นฐานทางเคมี เพื่อให้สามารถคิดค้นหรือใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางด้านเคมีทั้งสิ้น (ศักดิ์ศรีธัญสาทิพจันทร์, 2560: ออนไลน์) อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความเฉพาะเจาะจง โดยเนื้อหาจะมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งการเรียนวิชาเคมีจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเหตุการณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันของนักเรียน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกจำนวนมากในแต่ละระดับชั้น มีความพยายามที่จะเรียนรู้วิชาเคมี แต่มักจะไม่ประสบความสำเร็จ และยังพบสาเหตุของ

เป้าหมายในการศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยหนึ่งในคำตอบที่เป็นไปได้นั้น พบว่าเกิดจากนักเรียนหลายคนยังไม่ได้สร้างความเข้าใจที่มีความเหมาะสมบนพื้นฐานของมโนคติในวิชาเคมีก่อนการเรียน (Gabel, 1983) ซึ่งนักเรียนจะมีความคิดและตีความบางอย่างเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาอยู่ก่อนที่จะมีการเรียนการสอน (Bodner, 1986) ตั้งแต่นักเรียนสามารถสร้างมโนคติของตัวเองได้และการสร้างมโนคติในวิชาเคมีของนักเรียนนั้น พบว่าบางครั้งจะมีความแตกต่างจากอีกสิ่งที่ครูได้พยายามที่จะนำเสนอ (Garnett, 1990) ความคิดและการตีความบางอย่างยังไม่มีมาสอดคล้องกับมโนคติที่ได้รับการยอมรับกันจากทางสังคมนักวิทยาศาสตร์ โดยลักษณะของความคิดเหล่านี้มักจะหมายถึงมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Nakhleh, 1992) คำว่า “มโนคติที่คลาดเคลื่อน” ถูกใช้เพื่ออ้างถึงความคิดของนักเรียนที่อยู่นอกเหนือจากมโนคติทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีพอๆ กับเนื้อหาในเรื่องอื่นๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและความบกพร่องในการเรียนวิชาเคมีเป็นปัญหาสำคัญที่นักการศึกษาทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความกังวลเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้าเกิดนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน จะทำให้นักเรียนไม่สามารถนำมโนคติเดิมไปเชื่อมโยงกับมโนคติใหม่ได้ อีกทั้งยังเป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้น มโนคติที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ยังยากต่อการเปลี่ยนแปลงและแก้ไขได้ โดยการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งผู้สอนไม่ได้คำนึงถึงมโนคติเดิมของนักเรียนที่มีมาก่อนเรียนในชั้นเรียน (West & Prine, 1985; Osborne & Wittrock, 1983 อ้างถึงใน ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2551) วิชาเคมีเป็นวิชาที่มีความยาก (Fulya Oner Armagan, 2010) และนักเรียนจำนวนมากมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติในระดับไม่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ (ปวิณสุตา จำรัสธนสาร, 2556) บางแหล่งที่มาอาจนำไปสู่ความยากลำบากในการเข้าใจมโนคติทางวิชาเคมี (Kingir & Geban, 2012) วิชาเคมีมีลักษณะเป็นนามธรรม (Garnett, Garnett & Hackling, 1995) เนื่องจากเนื้อหาส่วนมากเป็นนามธรรมนี้เอง ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจอย่างยิ่ง ถ้าหากนักเรียนมีมโนคติพื้นฐานที่ไม่เพียงพอก็จะยิ่งเพิ่มความยากลำบากในการเรียนรู้ (Coll & Treagust, 2008) โดยจะเห็นได้ว่าวิชา เคมี เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่มีความสำคัญและมีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ในทุกด้านของชีวิตและเนื้อหาวิชามีความเฉพาะเจาะจง เป็นเรื่องที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน เพราะเนื้อหา มีลักษณะเป็นนามธรรม ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติในระดับมโนคติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นสิ่งที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์และครูผู้สอนในรายวิชาเคมี มีความกังวลเป็นอย่างมาก

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีพบว่านักเรียนนั้นมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในหลายๆ หัวข้อ รวมทั้งลักษณะอนุภาคของสสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือจลนพลศาสตร์เคมี สมดุลเคมี กรด-เบส เซลล์ไฟฟ้าเคมี และพันธะเคมี (Garnett et al., 1995) ซึ่งวิธีการที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความคิด ความเชื่อและประสบการณ์เดิมของตนเอง เพื่อที่จะนำมาสนับสนุนในกระบวนการของการปรับเปลี่ยนความเชื่อหรือความเข้าใจในมโนคติที่คลาดเคลื่อนเหล่านั้น คือ วิธีการตามแนวคอนสตรัคติวิซึม ซึ่งเป็นแนวทางที่จะอธิบายการเรียนรู้ของนักเรียน

อันเนื่องมาจากสิ่งที่ผู้เรียนได้นำเสนอผ่านความเชื่อและประสบการณ์ของตนเองและเป็นแนวทางที่สามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน (Adam, 1997) และผู้เรียนจะต้องเข้าไปมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งกระตุ้น อาจจะเป็นในส่วนของครูผู้สอน หรือสิ่งแวดล้อมที่จะไปกระตุ้นผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากที่จะช่วยชี้แนะแนวทางการคิดให้กับผู้เรียน นอกจากนี้การสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งกระตุ้นต่างๆ จะทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างเป็นความรู้ขึ้นมาในสมองได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางความคิดนี้จะเกิดขึ้นภายในชั้นเรียนจากการที่ครูผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน (April Dean Adams, 1998) ซึ่งมโนคติจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้นั้น มีเงื่อนไขอยู่ 3 ประการ ที่มโนคติใหม่จะเป็นที่พอใจก่อนที่จะสามารถบูรณาการเข้ากับความรู้อันเดิมได้ (Hewson & Hewson, 2003)

นักเคมีส่วนใหญ่มีการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร โดยนำเสนอออกมาเป็นรูปภาพ สมการทางคณิตศาสตร์ภาษาหรือสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับเคมี แบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่ใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (ชาติรีฝ่ายคำตา, 2563) จึงถือได้ว่าแบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาเคมี ซึ่งมีเนื้อหาที่ซับซ้อน เป็นนามธรรม หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะทำให้เข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น (Gilbert, 2000 อ้างถึงใน ภรทิพย์สุภัทธรชัยวงศ์, 2556) วิธีการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ดีคือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากเป็นวิธีการที่จะทำให้นักเรียนได้ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยนักเรียนจะต้องคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด หลากหลายทิศทางที่สุด ภายในเวลาที่จำกัด แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาสร้างแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นในครั้งแรกอาจไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) แต่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องพิจารณาว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลเชิงแนวทางการแก้ปัญหาหนึ่งที่ได้รับการกล่าวถึง คือ การเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา เกิดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิด หรือมโนคติเริ่มต้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากนั้นผู้เรียนจึงนำเสนอแบบจำลองทางความคิด โดยสามารถแสดงออกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ ต่อมานักเรียนทำการทดสอบแบบจำลองทางความคิด โดยนำแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ โดยขั้นนี้นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และสุดท้ายเป็นการนำแบบจำลองทางความคิดมาปรับใช้จริง โดยนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายมโนคติให้กว้างขึ้น (Goertzel, 2000; Justi and Gilbert, 2002; Chiang and Fung, 2012) แบบจำลองทางความคิดในการจัดการเรียนการสอนดาราศาสตร์ จะช่วยให้

นักเรียนพัฒนาความสามารถในการจินตนาการและทำให้เกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (Rosvick, 2008; Frede, 2008; Guy and Young, 2010)

เนื้อหาเรื่องพันธะเคมีเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนเคมี (Taber and Coll, 2002) ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจและจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิชาเคมีพบว่าเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีเป็นหนึ่งในเนื้อหาที่นักเรียนประสบปัญหาในการเรียน และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังงานวิจัยของณัชกฤตเกื้อทาน (2557) ที่พบว่านักเรียนมีความสับสนระหว่างแบบจำลองที่นำมาใช้ในการอธิบายพันธะไอออนิกกับพันธะโคเวเลนต์นักเรียนคิดว่ารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทำนายได้จากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางเพียงอย่างเดียว นักเรียนเข้าใจว่าโลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะอะไรเป็นต้น อีกทั้งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีจัดอยู่ในวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นชั้นปีแรกของการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายดังนั้นจึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้ นักเรียนมีความพร้อมในการศึกษาในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป พันธะเคมีจึงเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะทำให้ นักเรียนได้พัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพื่อพัฒนามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนถิ่นวิทย์ฯ จังหวัดลำปาง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีตลอดจนพัฒนาทักษะของนักเรียนให้มีความพร้อมสำหรับศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนามโนคติเรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีมโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี สูงกว่ามโนติก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนถิ่นวิทย์ฯ อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 34 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยการเกิดพันธะไอออนิก เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิก ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้ที่ 2 เคมี ผลการเรียนรู้ข้อ 13-17

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี

3.2 ตัวแปรตาม คือ มโนคติเรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการ
บูรณาการเทคโนโลยี

วิธีดำเนินการวิจัยและระเบียบวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี
รายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง

1.2 สื่อเทคโนโลยี AR Chemistry เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก จำนวน 1 ชุด

1.3 แบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก จำนวน 15 ข้อ คะแนนรวมทั้งหมด 30
คะแนน ลักษณะของแบบทดสอบเป็นชนิด 2 ลำดับ (2 – tier conceptual test) คือ ลำดับที่ 1
สร้างคำถามที่มีคำตอบให้เลือก 2 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบ และอีกหนึ่งตัวเลือก
ที่เหลือคือคำตอบที่เป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน ลำดับที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือก
คำตอบดังกล่าว

ตาราง 1 ตารางแสดงการใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์และคำถามการ
วิจัย

วัตถุประสงค์	คำถามวิจัย	เครื่องมือที่ใช้	การเก็บรวบรวมข้อมูล
เพื่อพัฒนามโนคติ วิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะ ไอออนิก	มโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะไอออนิก สำหรับ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นอย่างไร เมื่อผ่านการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ที่เรียนโดยใช้การจัดการ เรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับการบูรณาการ เทคโนโลยี	แบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะ ไอออนิก	ก่อนและหลังการใช้การ จัดเรียนรู้ที่เรียนโดย แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับการบูรณาการ เทคโนโลยี

การสร้างเครื่องมือในการวิจัยแต่ละชิ้นเป็นดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่อิงการสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยได้สร้างชุดการเรียนรู้โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตร ผลการเรียนรู้และขอบข่ายของเนื้อหาวิชาเคมี จากตัวชี้วัดและ
สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง พันธะเคมี

1.2 ศึกษาโมเดลคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะไอออนิก

1.3 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง หัวข้อเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ การวัดผลประเมินผล จากเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี คู่มือ หลักสูตรและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน โดยการประยุกต์ใช้รูปแบบของ Justi and Gilbert (2002) ร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีในแต่ละขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) (2) ขั้นนำเสนอแบบจำลองทางความคิด (Express model) (3) ขั้นประเมินและทบทวนแบบจำลองทางความคิด (Evaluate model) (4) ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางความคิด (Modify mental model) (5) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้ (Design & perform empirical tests) แล้วจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่อิงการสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 4 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

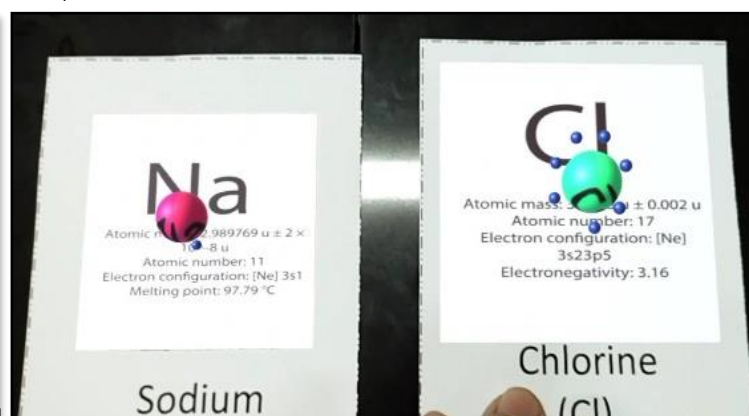
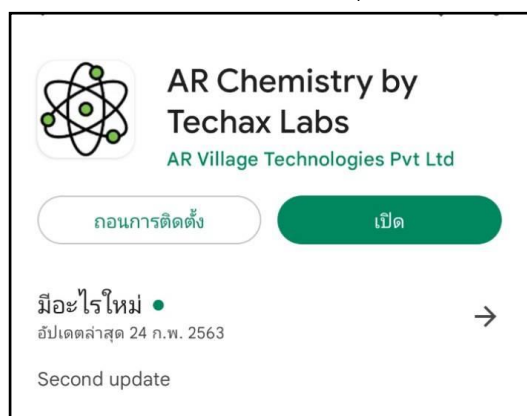
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างสารประกอบไอออนิก และพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และการเขียนโครงสร้าง

2. สื่อเทคโนโลยี AR Chemistry เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยผู้วิจัยได้นำโมเดลสามมิติและมาร์คเกอร์จาก Application เสมือนจริง ชื่อ AR Chemistry by Techax Labs ผ่านการใช้โปรแกรม Unity 3D และ Vuforia ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลและการใช้งานให้มีความสมบูรณ์ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 62 คน



ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นแบบบันทึกระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนและหลังการจัดกิจกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้

สะท้อนให้เห็นถึงจุดเด่น จุดที่ต้องปรับปรุงแก้ไขในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำเครื่องมือวิจัยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 30 สิงหาคม 2568 ซึ่งผู้วิจัยได้จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก และเครื่องมือเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบวัดมโนคติ รวมถึงสื่อเสมือนจริง

3. แบบวัดมโนคติ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี โดยมีลำดับขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัย เกี่ยวกับแบบวัดมโนคติ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี จากนั้นกำหนดกรอบแนวคิด และขอบข่ายโครงสร้างของคำถามที่ต้องการวัดให้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี สรุปได้ดังตาราง 3.4

ตาราง 2 ตารางแสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับพันธะเคมี

ผลการเรียนรู้ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
9	อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวิอิส	- สารเคมีเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมีซึ่งเกี่ยวข้องกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวิอิส โดยการเกิดพันธะเคมี ส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎออกเตต - พันธะไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกกับไอออนลบ ส่วนใหญ่ไอออนบวกเกิดจากโลหะเสียอิเล็กตรอนและไอออนลบเกิดจากอโลหะรับอิเล็กตรอน สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่า สารประกอบไอออนิก สารประกอบไอออนิก ไม่อยู่ในรูปโมเลกุล แต่เป็นโครงผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบจัดเรียงตัวต่อเนื่องกันไปทั้งสามมิติ
10	เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกเขียนแสดงสูตรเคมีโดยให้สัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนที่เป็นองค์ประกอบ - การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทำได้โดยเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบ สำหรับสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ต้องระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย

ผลการเรียนรู้ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
11	คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์	- ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากธาตุเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน มีทั้งที่เป็นปฏิกิริยาคูดพลังงานและคายพลังงาน ซึ่งแสดงได้ด้วยวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์และพลังงานของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกเป็นผลรวมของพลังงานทุกขั้นตอน
12	อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ละลายน้ำ แล้วแตกตัวเป็นไอออน เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า - สารละลายของสารประกอบไอออนิก แสดงสมบัติความเป็นกรด-เบส ต่างกัน สารละลายของสารประกอบคลอไรด์ มีสมบัติเป็นกลาง และสารละลายของสารประกอบออกไซด์มีสมบัติเป็นเบส
13	เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	- ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนแสดงด้วยสมการไอออนิกหรือสมการไอออนิกสุทธิ โดยที่สมการไอออนิกแสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่แตกตัวได้ในรูปของไอออนส่วนสมการไอออนิกสุทธิแสดงเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากัน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

3.2 ศึกษาโนมตีมนโนมตีทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ทั้งมโนมตีที่ถูกต้องและที่คลาดเคลื่อน เพื่อนำไปสร้างแบบวัดมโนมตี การวิเคราะห์มโนมตีสามารถสรุปได้ดังตัวอย่างในตาราง

ตาราง 3 ตารางแสดงตัวอย่างมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและถูกต้องเกี่ยวกับพันธะเคมี

เรื่อง	มโนคติที่คลาดเคลื่อน	มโนคติที่ถูกต้อง
พันธะไอออนิก	1. นักเรียนอ่านประจุของธาตุเรพรีเซนเททีฟ เช่นเดียวกันกับโลหะกลุ่มแทรนซิชัน และในบางกรณีพบว่าไม่เปลี่ยนเสียงท้ายพยางค์เป็น -ide เช่น - MgBr_2 อ่านว่า แมกนีเซียม (II)โบรไมด์ - CaS อ่านว่า แคลเซียมซัลเฟอร์ (Strike and posner, 1992)	1. สารประกอบธาตุคู่ (Binary compound) ถ้าสารประกอบเกิดจากธาตุโลหะที่มีไอออนได้ชนิดเดียวรวมตัวกับอโลหะ ให้อ่านชื่อโลหะที่เป็นไอออนบวก แล้วตามด้วยชื่ออโลหะที่เป็นไอออนลบโดยลงเสียงพยางค์ท้ายด้วย ไอด์ (-ide) ถ้าสารประกอบที่เกิดจากธาตุโลหะที่มีไอออนได้หลายชนิด รวมตัวกับอโลหะ ให้อ่านชื่อโลหะที่เป็นไอออนบวกแล้วตามด้วยค่าประจุของไอออนโลหะโดยวงเล็บเป็นเลขโรมัน แล้วตามด้วยอโลหะที่เป็นไอออนลบโดยเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไอด์ (-ide)
	2. นักเรียนมีความเข้าใจว่าพันธะไอออนิกจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อทราบว่าคลอไรด์ไอออน ไอออนใดที่รับอิเล็กตรอนจากโซเดียมไอออน (Taber, 2003)	2. พันธะไอออนิก เป็นแรงดึงดูดระหว่างไอออนที่มีประจุตรงข้ามกัน (ไอออนบวกกับไอออนลบ) มาอยู่ติดกัน ดังนั้นพันธะไอออนิกจะเกิดขึ้นระหว่างไอออนใด ๆ ก็ได้ที่มีประจุตรงกันข้ามแล้วมาอยู่ติดกัน
	3. นักเรียนบางคนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า สารประกอบไอออนิกสามารถละลายน้ำและนำไฟฟ้าได้ทุกสถานะ (สมเจตน์ อูระศิลป์, 2554)	3. สารประกอบไอออนิกถ้าอยู่ในสถานะของแข็งจะไม่นำไฟฟ้าเพราะไอออนจัดเรียงชิดกันอย่างหนาแน่นมาก ไม่สามารถแสดงอำนาจไฟฟ้าได้แต่เมื่อสารประกอบไอออนิกเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ไอออนออกห่างจากกัน ไอออนบวกและไอออนลบสามารถแสดงอำนาจไฟฟ้า จึงทำให้สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้

3.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดมโนคติตามข้อมูลต่างๆ ที่ได้ศึกษา ค้นคว้าและเก็บรวบรวม ในการสร้างแบบวัดมโนคติ คำนึงถึงมโนคติที่ต้องการจะศึกษาและมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยที่ตัวเลือกจะต้องมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนและมโนคติที่ถูกต้องรวมอยู่ในตัวเลือก ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบมโนคติของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวทุกข้อคำถามจะมีการให้นักเรียนแสดงผลของการเลือกตอบตัวเลือกนั้นด้วย ซึ่งมีการแต่งแบบวัดมโนคติได้มีการอ้างอิงและดัดแปลงข้อมูลมาจากหนังสือ Chemical misconceptions prevention, diagnosis and cure: Classroom resources,

Volume 2 ที่เขียนขึ้นโดย Keith Taber ของสำนักพิมพ์ Royal Society Of Chemistry และของสำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยตัวอย่างแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ลักษณะเป็นแบบทดสอบชนิด 2 ลำดับ (2 – tier conceptual test) คือ ลำดับที่ 1 สร้างคำถามที่มีคำตอบให้เลือก 2 ตัวเลือก คือ ถูกและผิด โดยมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบที่เหลืออีก 1 คำตอบคือคำตอบที่เป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน ลำดับที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบดังกล่าว รวมข้อสอบจำนวน 15 ข้อ คะแนนรวมทั้งหมด 30 คะแนนรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 ตารางแสดงจำนวนข้อและสัดส่วนน้ำหนักของมโนคติเกี่ยวกับพันธะเคมี ที่ศึกษาจำแนกตามหัวข้อ

หัวข้อ	มโนคติเกี่ยวกับพันธะเคมี	จำนวนข้อ	สัดส่วนน้ำหนัก (คะแนน)
พันธะไอออนิก	- การเกิดพันธะไอออนิก	7	14
	- การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	2	4
	- สมบัติสารประกอบไอออนิก	6	12
รวม		15	30

3.4 นำแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเรื่องความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสม

3.5 นำแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่านพิจารณาตรวจสอบ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาถึงความเห็นการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.50 โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป พิจารณาตรวจสอบข้อสอบของชุดการเรียนรู้ที่ต้องการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณา ลงความเห็นการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.50 จำนวน 15 ข้อ และความเห็นการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่ำกว่า 0.50 จำนวน 5 ข้อซึ่งต้องตัดออกจากข้อสอบโดยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- ข้อสอบบางข้อไม่ค่อยสอดคล้องให้ตัดออกและแต่งข้อสอบเพิ่มโดยเน้นเนื้อหาในชุดการเรียนรู้
- ให้เลือกข้อสอบมาประมาณ 15 ข้อเพื่อไม่ให้เกิดการสอบใช้เวลานานเกินไปเนื่องจากการให้เหตุผลประกอบด้วย
- ข้อสอบต้องเลือกให้ครอบคลุมเนื้อหาในทุกๆ ส่วนของผลการเรียนรู้
- การใช้ภาษาในข้อสอบต้องเขียนภาษาในรูปแบบที่จะทำให้ผู้ทดสอบเข้าใจได้ง่ายขึ้นเพื่อป้องกันการสับสนของผู้ทดสอบ
- ควรมีการปรับเปลี่ยนคำบางคำในคำถามเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจง่ายขึ้น

3.6 นำแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 สายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนเถินวิทยา

จำนวน 62 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (KR-20) ได้ค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเชื่อมั่นสูง จึงนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

โดยเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของค่าอำนาจจำแนก (r) 0.2 – 1.0 ถ้าค่า r มีค่านอกเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงข้อสอบข้อนั้นหรือตัดทิ้งไป

โดยเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของค่าความยากง่าย (p) คือ ค่าความยากที่อยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 ถ้าค่า p มีค่านอกเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงข้อสอบข้อนั้นหรือตัดทิ้งไป (เกียรติสุตา ศรีสุข, 2549)

สามารถแปลความหมายได้ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

ค่าความยากง่าย ความหมาย

0.81 - 1.00 ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

0.60 - 0.80 ค่อนข้างง่าย (ดี)

0.40 - 0.59 ยากพอเหมาะ (ดีมาก)

0.20 - 0.39 ค่อนข้างยาก (ดี)

0.00 - 0.19 ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการดำเนินการทดลอง ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ ประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนคติ

2. ผู้วิจัยสร้างความคุ้นเคยกับนักเรียน แঙ্গจุดประสงค์การจัดการเรียนการสอนและที่สำคัญ คือ การแนะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้ที่อิงการสืบเสาะหาความรู้ ให้นักเรียนทราบ

3. ผู้วิจัยดำเนินเริ่มต้นโดยการให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 36 คน ทำแบบวัดมโนคติก่อนเรียน จำนวน 15 ข้อ เพื่อวัดความเข้าใจมโนคติเกี่ยวกับพันธะไอออนิก

4. ผู้วิจัย จัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้และ Application ที่ได้สร้างไว้

5. หลังจากที่ได้ผู้วิจัยได้ทำการสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้และทุกชุดการเรียนรู้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงทำการให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 36 คน ทำแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียน จำนวน 15 ข้อ

7. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดมโนคติของเรียน มาสรุปข้อมูล เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ และแปลผลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ โดยใช้ค่าสถิติ ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
2. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบทดสอบเพื่อวัดมโนคติก่อนเรียน-หลังเรียน ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นดังนี้

3.1 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC โดยใช้สูตรในการวิเคราะห์ ตามแนวทางของวรรณี แกมเกตุ (2555)

3.2 วิเคราะห์หาความยากง่าย (p) (วรรณี แกมเกตุ, 2555) เป็นการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เกณฑ์ความยากง่ายที่ยอมรับได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ถ้าค่า p มีค่านอกเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงข้อสอบนั้น หรือตัดทิ้งไป

4. การเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียน โดยใช้สถิติโดยค่าสถิติส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ ร้อยละ

5. ตรวจสอบคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบฝึกหัดทบทวนทุกครั้งหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการลงข้อสรุปเกี่ยวกับกลุ่มมโนคติของนักเรียน

6. ตรวจสอบคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนคติ โดยการวิเคราะห์รายละเอียดของคำตอบที่ละข้อคำถาม

7. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งจะจัดกลุ่มความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ของผู้เรียนออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่

1) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่ถูกต้อง (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ทั้งแนวความคิด คำตอบและคำอธิบายที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะเคมีถูกต้องทั้งหมด ครอบคลุมประกอบที่สำคัญแต่ละ มโนคติในเรื่องพันธะเคมี ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะเคมี ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ไม่กล่าวถึง ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์โดยการที่นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบได้ถูกต้องแต่ยังอธิบายไม่ครบสมบูรณ์ตามมโนคติในเรื่องพันธะเคมี หรือเลือกคำตอบถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบได้ ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีมโนคติเรื่องพันธะเคมีถูกต้อง ตามมโนคติทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีมโนคติไม่ถูกต้องตามมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์โดยการที่นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบไม่ถูกต้องตามแนวคิด หรือเลือกคำตอบถูกต้องแต่ยังอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบซึ่งมีบางส่วนถูกต้อง และบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจโน้มนำในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์โดยการที่ นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง และไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ในเรื่องพันธะเคมี ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ วิเคราะห์โดยการที่นักเรียนไม่ตอบ และไม่เขียนอธิบายเหตุผล ให้ 0 คะแนน

สามารถสรุปเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ ได้ดังตาราง 3.7 ดังนี้

ตาราง 5 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์

ระดับความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์	คะแนน		
	ตัวเลือก	เหตุผล	รวม
ความเข้าใจโน้มนำในระดับที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Complete Understanding : CU)	1	2	3
ความเข้าใจโน้มนำในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU)	1	1	2
ความเข้าใจโน้มนำในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS)	1 0	0 1	1 1
ความเข้าใจโน้มนำในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC)	0	0	0
ความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU)	0	0	0

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นดังนี้

1.1) ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ (f) และค่าร้อยละของความถี่ (%) ของนักเรียนที่มีความเข้าใจระดับต่างๆ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อหาร้อยละนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจดีขึ้นคงที่ และลดลง

1.2) การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC โดยใช้สูตรในการวิเคราะห์ ตามแนวทางของวรณีย์ แกมเกตุ (2555) ใช้สูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	ΣR	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ
โดยที่	+1	แทน	แน่ใจว่าสอดคล้อง/ไม่สอดคล้อง
	0	แทน	ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง/ไม่แน่ใจ
	-1	แทน	แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง/ไม่สอดคล้อง

1.3) วิเคราะห์หาความยากง่าย (p) (วรรณิ แกมเกตุ, 2555) ใช้สูตรดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	คือ	ดัชนีความยากของข้อสอบ
	R	คือ	จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบนั้นได้ถูกต้อง
	N	คือ	จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบทั้งหมด

เกณฑ์ความยากง่ายที่ยอมรับได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ถ้าค่า P มีค่า นอกเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงข้อสอบนั้น หรือตัดทิ้งไป

1.4) ค่าอำนาจจำแนก (r) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541) ใช้สูตรดังนี้

$$r = \frac{RU - RL}{N}$$

เมื่อ	r	คือ	ค่าอำนาจจำแนก
	RU	คือ	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก (กลุ่มสูงใช้ประมาณร้อยละ 25 ของนักเรียนทั้งหมด)
	RL	คือ	จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก (กลุ่มต่ำใช้ประมาณร้อยละ 25 ของนักเรียนทั้งหมด)
	N	คือ	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์อำนาจจำแนกที่ยอมรับได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 ถ้าค่า อำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20 จะต้องปรับปรุงแบบทดสอบข้อนั้น หรือตัดทิ้งไป

1.5) หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR - 20 (สมนึก ภัทธิยธนี, 2556) ใช้สูตรดังนี้

$$r_t = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\Sigma pq}{s_t^2} \right\}$$

$$s_t^2 = \frac{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{N^2}$$

เมื่อ	r_t	คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	n	คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับผู้เรียนทั้งหมด
	q	คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิดกับผู้เรียนทั้งหมด
	s_t^2	คือ ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ
	N	คือ จำนวนผู้เรียน

1.6) ค่าเฉลี่ย (μ) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

1.6.1) ค่าเฉลี่ย เป็นการหาค่ากลางหรือที่เรียกว่า การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางของข้อมูล นิยมใช้ ใช้สัญลักษณ์ μ คำนวณได้โดยหาผลรวมของข้อมูลทุกค่า แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดดังต่อไปนี้

$$\mu = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

1.6.2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นวิธีวัดการกระจาย ใช้สัญลักษณ์ σ คำนวณได้โดยการถอดรากที่สองของความแปรปรวน

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N X_i\right)^2}{N}}{N}}$$

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ทำการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย และดำเนินการสุ่มผู้เรียนสัมภาษณ์เพิ่มเติมเพื่ออธิบายเหตุผลของการเลือกตอบแต่ละข้อ เพื่อเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพของมโนคติที่ผู้เรียนมีก่อนเรียน

2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนผู้เรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยตนเองโดยใช้แผนจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ในระยะเวลา 7 สัปดาห์ (20 ชั่วโมง)

2.3 เมื่อเสร็จสิ้นการสอน ทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มเป้าหมายอีกครั้ง โดยใช้แบบวัดมโนคติฉบับเดิมแต่มีการสลับข้อคำถาม และดำเนินการสัมภาษณ์ผู้เรียนอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์หามโนคติที่เปลี่ยนแปลงของผู้เรียน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

3.1 นำผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาร้อยละคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และ ร้อยละคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน

3.2 นำร้อยละคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและร้อยละคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่า Class Average Normalized Gain <g> (Hake, 1998) ตามสมการ (1)

$$<g> = \frac{\% \text{ posttest} - \% \text{ pretest}}{100 - \% \text{ pretest}} \quad (1)$$

ค่า Class Average Normalized Gain (<g>) ตามแนวคิดของ Hake (1998) สามารถนำไปแบ่งระดับผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นต่อผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ค่าเฉลี่ย <g> ≥ 0.7 หมายถึง การพัฒนาอยู่ในระดับสูง ค่าเฉลี่ย $0.3 < <g> < 0.7$ หมายถึง การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง และค่าเฉลี่ย <g> ≤ 0.3 หมายถึง การพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเถินวิทยา จังหวัดลำปาง ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยจะได้นำเสนอข้อมูลใน 3 ประเด็น ดังนี้

1. ผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ในภาพรวม
2. ผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก รายข้อ
3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกในภาพรวม

ผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก วิเคราะห์ผลจากระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จากการทำแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิก ซึ่งแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง พันธะไอออนิก มีจำนวน 15 ข้อ คะแนนเต็ม 45 คะแนน ได้แก่ พันธะไอออนิก ลักษณะของแบบทดสอบเป็นชนิด 2 ลำดับ (2 – tier conceptual test) คือ ลำดับที่ 1 สร้างคำถามที่มีคำตอบให้เลือก 2 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบ และอีกหนึ่งตัวเลือกที่เหลือคือคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ลำดับที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบดังกล่าว

ซึ่งได้ทำการศึกษาคะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ดังนี้

ตาราง 6 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกก่อนและหลังเรียน

คะแนนแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก	จำนวนคน (N)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย (μ)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)
ก่อนเรียน	34	45	8.00	9.45
หลังเรียน	34	45	31.40	6.45

จากตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการทำแบบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนและหลังเรียน พบว่าคะแนนแบบวัดมโนคติของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย (μ) ก่อนเรียนเท่ากับ 9.00 คะแนน และหลังเรียนเท่ากับ 31.40 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.45 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 6.45 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนเรียน

เมื่อวิเคราะห์ในแต่ละประเด็นย่อยพบว่า จำนวนคำตอบจากแบบวัดมโนคติเป็นรายชื่อที่แสดงความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิก สามารถจำแนกคำตอบตามกลุ่มความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ผลดังตาราง 7

ตาราง 7 ตารางแสดงจำนวนคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิก

เรื่อง	ข้อ	ความเข้าใจมโนคติทาง วิทยาศาสตร์				ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน					
		CU		PU		PS		AC		NU	
		ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน
พันธะไอออนิก	1	0	4	0	16	6	14	18	0	10	0
	2	0	6	0	11	5	3	20	0	14	0
	3	0	5	0	20	8	9	10	0	14	0
	4	0	15	3	13	23	7	5	0	0	0
	5	0	6	1	14	12	0	17	0	0	0
	6	0	16	4	12	11	6	5	0	5	0

เรื่อง	ข้อ	ความเข้าใจโน้มนำทาง วิทยาศาสตร์				ความเข้าใจโน้มนำที่คลาดเคลื่อน					
		CU		PU		PS		AC		NU	
		ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน
	7	0	21	9	11	10	2	11	0	4	0
	8	0	18	3	16	10	0	7	0	14	0
	9	0	10	7	10	10	9	12	2	5	3
	10	9	24	7	9	19	1	0	0	0	0
	11	0	5	0	20	8	9	10	0	14	0
	12	0	15	3	13	23	7	5	0	0	0
พันธะไอออนิก	13	0	6	1	14	12	0	17	0	0	0
	14	0	16	4	12	11	6	5	0	5	0
	15	0	21	9	11	10	2	11	0	4	0
จำนวนคำตอบ		9	188	51	202	178	75	153	2	89	3
คิดเป็นร้อยละ		1.76	36.86	10.00	39.60	34.90	14.70	30.00	0.39	17.45	0.59

จากตาราง 7 ผลการศึกษาจำนวนคำตอบที่แสดงระดับความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิก พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีระดับความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิกสูงกว่าก่อนเรียน กล่าวคือ ก่อนเรียนมีจำนวนคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์ (CU+PU) คิดเป็นร้อยละ 11.76 ของจำนวนคำตอบทั้งหมด

ในภาพรวมของจำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและได้ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังตาราง 8

ตาราง 8 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิก

ข้อ	จำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโนมิตตามเกณฑ์ (คน)					รวม (คน)	คิดเป็นร้อยละ
	NU --> PU	NU --> CU	AC --> PU	AC --> CU	PS --> CU		
1	0	0	3	0	2	5	25.00
2	0	0	5	1	2	8	40.00
3	0	0	6	0	1	7	35.00
4	0	0	3	0	3	6	30.00
5	0	0	7	0	5	12	60.00
6	0	0	4	0	3	7	35.00
7	0	0	1	0	2	3	15.00
8	0	0	5	0	3	8	40.00
9	1	0	2	0	4	7	35.00
10	0	0	5	0	4	9	45.00
11	0	0	0	0	2	0	10.00
12	0	0	5	0	1	6	30.00
13	0	0	4	0	0	4	20.00
14	0	0	5	0	3	8	40.00
15	0	0	6	0	1	7	35.00
รวม*	1	0	77	2	41	121	
ร้อยละ**	0.83	0.00	63.64	1.65	33.88	100.00	

รวม* คือ ผลรวมของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโนมิตตามเกณฑ์

ร้อยละ** คือ ร้อยละของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง

จากตาราง 8 มีจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโนมิตทั้งหมด 121 คำตอบ โดยมีการจำแนกการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโนมิตดังแสดงในตารางข้างต้นและหลังการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิกพบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโนมิตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโนมิตทางวิทยาศาสตร์ จากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้อง (PU) คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง จากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้อง (PU) คิดเป็นร้อยละ 63.64 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง จากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) คิดเป็นร้อยละ 1.65 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง และจากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (PS) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) คิดเป็นร้อยละ 33.88 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง ดังที่ได้แสดงตามแผนภูมิด้านล่างนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิมนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับพันธะไอออนิก เรื่อง พันธะไอออนิก พบว่าจำนวนคำตอบความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธะไอออนิก หลังเรียนนักเรียนมีระดับความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก สูงกว่าก่อนเรียน กล่าวคือ ก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์ (CU+PU) คิดเป็นร้อยละ 14.29 จาก 140 คำตอบในเรื่องพันธะไอออนิก หลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์ (CU+PU) คิดเป็นร้อยละ 84.28 จาก 140 คำตอบในเรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งมีค่าสูงขึ้น ทำให้สรุปได้ว่าชุดการเรียนรู้ที่อิงการสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนานิมนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับพันธะไอออนิก สามารถพัฒนานิมนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สูงขึ้นได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิมนต์ของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะไอออนิก พบว่านักเรียนมีความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก เพิ่มขึ้นและมีความเข้าใจนิมนต์ที่คลาดเคลื่อนลดลง กล่าวคือ ก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (CU+PU) คิดเป็นร้อยละ 19.75 ของจำนวนคำตอบทั้งหมด แต่หลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (CU+PU) คิดเป็นร้อยละ 86.75 ของจำนวนคำตอบทั้งหมด

โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก พบว่าผลของคะแนนในส่วนของร้อยละก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิมนต์ของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะไอออนิก และนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดนิมนต์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์ พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจนิมนต์ตั้งแต่ระดับความคลาดเคลื่อน (NU+AC) จนถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) แต่หลังเรียน นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์จากระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NU+AC+PS) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้อง (PU+CU) มากขึ้น กล่าวคือ หลังเรียนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิมนต์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ จากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้อง (PU) คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง จากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้อง (PU) คิดเป็นร้อยละ 63.64 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง จากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) คิดเป็นร้อยละ

1.65 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง และจากระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (PS) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) คิดเป็นร้อยละ 33.88 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง

หลังเรียนการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยี เพื่อพัฒนานิมนต์นักเรียน พบว่าสาเหตุที่นักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิมนต์สามารถพัฒนาความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะไอออนิก ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้นั้น ก็เพราะ

1) เนื่องจากแบบจำลอง มีประโยชน์มากในการทำ ความเข้าใจนิมนต์ทางวิทยาศาสตร์ที่ท้าทาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ปรากฏการณ์นั้นยากต่อการสังเกต ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าสิ่งที่ศึกษามีขนาดเล็กมาก ๆ เช่น อะตอม หรือสิ่งที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงช้ามาก หรือสิ่งที่ศึกษามีขนาดใหญ่มาก เช่น ระบบสุริยะ เป็นต้น แบบจำลองเป็นสะพานเชื่อมที่สำคัญระหว่างสิ่งที่ป็นรูปธรรมกับสิ่งที่ป็นนามธรรม ซึ่งไม่เพียงแต่ใช้กับปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ แต่ยังใช้กับสิ่งอื่นที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แบบจำลองสามารถที่จะได้รับการออกแบบให้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ หรือเน้นให้แสดงเฉพาะบางด้านที่สำคัญของปรากฏการณ์ (Cartier, 2001; Justi and Gilbert, 2003) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง ทำให้ครูสามารถใช้ประโยชน์จากแบบจำลองในการแสดงให้เห็นถึงการทำงานและอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อน โดยนักเรียนควรจะมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่มีความหลากหลาย เช่น การใช้ภาพ สัญลักษณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การประยุกต์ใช้ และการแก้ไขแบบจำลอง เมื่อครูมอบหมายงาน นักเรียนจะเริ่มต้นเขียนแบบจำลองจากความรู้เดิม และสารสนเทศใหม่ที่ได้รับระหว่างการสร้างแบบจำลอง เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวบรวมความรู้มาจากหลาย ๆ แหล่ง ได้แก่ ประสบการณ์ตรงที่ได้รับจากปรากฏการณ์ ประสบการณ์ที่ได้รับผ่านวิดิทัศน์ หรือสถานการณ์จำลอง หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับการแสดงการเป็นตัวแทนที่ หลากหลาย (Representations) และแบบจำลองที่แสดงออก เป็นต้น และความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจอยู่ในลักษณะแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์เพียงบางส่วน หรือแบบจำลองที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งยังไม่สอดคล้องหรือไม่ครอบคลุมกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางความคิดนี้ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่หลากหลายรูปแบบ จะใช้เพื่อทำความเข้าใจ และประเมินแบบจำลองที่นักเรียนคนอื่นสร้างขึ้น รวมไปถึงเพื่อทดสอบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเอง ถ้านักเรียนใช้แบบจำลองตามภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จ กล่าวคือ แบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้ หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าแบบจำลองดังกล่าวเกิดความไม่สอดคล้อง และ/หรือแบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนอาจจะปฏิเสธแบบจำลองดังกล่าว และสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่อีกครั้ง หรือปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างไว้ในตอนเริ่มต้น โดยการปรับปรุงแก้ไขเพียงบางส่วน หรืออาจเพิ่มเติม และรวบรวมแบบจำลองที่มีอยู่เพื่อทำให้เป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ นักเรียนที่สร้างแบบจำลองจนเกิดความชำนาญ จะสามารถปรับเปลี่ยนการเป็นตัวแทนลักษณะของปรากฏการณ์ โดยสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง (Gobert and Buckley, 2002) จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงนิมนต์ของนักเรียน พบว่า มีค่าร้อยละของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจนิมนต์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัย

ทางด้านการพัฒนานวัตกรรมด้วยชุดการเรียนรู้ของอีกหลายคนที่ได้ทำการศึกษานวัตกรรมในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน ที่มีการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานวัตกรรมของนักเรียน มาเป็นสื่อในการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาให้กับนักเรียน และยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจในนวัตกรรมของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นได้ (วิไลรัตน์ กลิ่นจันทร์, 2551; อดุลย์ คำมิตร, 2554; Gulcan, 2003; Geban และ Bayir, 2000; Kingir และ Geban, 2012) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถช่วยพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ (ศรีบุญตาม โจมศรี, 2553; ประถมพร โคตา, 2554; สมจิต ผอมแข่ง และคณะ, 2557) ซึ่งเป็นข้อยืนยันได้ว่าชุดการเรียนรู้สามารถพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนให้ไปในทิศทางที่ถูกต้องได้จริงเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้

2) ผู้วิจัยได้สร้างแผนจัดการเรียนรู้ที่เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Justi and Gilbert (2002) มีทั้งหมด 5 ชั้น ดังนี้

2.1) ในขั้นที่ 1 **ขั้นสร้างแบบจำลอง** เป็นการกระตุ้นนักเรียนโดยการใช้คำถามและให้อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ เมื่อผนวกกับขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอแบบจำลอง นักเรียนจะสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยใช้การวาดภาพและอธิบายประกอบ ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนแสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา จะช่วยในการตรวจสอบนวัตกรรมที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ ซึ่งตรงตามแนวคิดของ Diakidoy (2001), Trumper (2001), Trumper (2006), Kucukozer and Bostan (2010), Kurnaz (2012) จะพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีนวัตกรรมที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับพันธะไอออนิก ซึ่งสาเหตุของการเกิดนวัตกรรมที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากการสร้างมโนคติเกี่ยวกับวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติโดยเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม จากความเชื่อ หรือสร้างความเข้าใจขึ้นมาเองจากการขาดประสบการณ์ ทำให้มโนคตินั้นไม่ตรงกับแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Gobert & Buckley (2000) ได้กล่าวไว้ว่า แบบจำลองมีส่วนสำคัญในการตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบความคิด และการบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ

2.2) การที่นักเรียนได้ประเมินและทบทวนแบบจำลองในขั้นที่ 3 และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในขั้นที่ 4 ทั้งสองขั้นตอนนี้ถือเป็นกระบวนการตรวจสอบความคิดที่เป็นสมมติฐาน หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นยังไม่สมบูรณ์ หรือยังมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น จะทำให้นักเรียนทราบว่ามโนคติคลาดเคลื่อนส่วนใดบ้าง เพื่อที่จะได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมและปรับปรุงแก้ไขช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม และพัฒนาความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการจัดกิจกรรม นอกจากนั้นการได้รับข้อเสนอแนะจากครูผู้สอน ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองนั้น และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม โดยหลังจากการนำเสนอมนมคติที่คลาดเคลื่อนก็จะนำไปสู่การอธิบายมโนคติที่ถูกต้องร่วมกัน เป็นการสร้างองค์ความรู้ที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งได้จากการลงมือปฏิบัติ ตรงตามแนวคิดของ Gobert and Buckley (2005),

Schwarz (2009) กล่าวว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์เน้นย้ำถึงการสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยเปลี่ยนจากการฟังครูที่ให้ข้อมูลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมาเป็นการรวบรวมข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลเชื่อมโยงกับรูปแบบของข้อมูลที่เป็นแบบจำลอง และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนควรรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลอง และกระบวนการในการสร้างแบบจำลองที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ สะท้อนความคิด และใช้แบบจำลองในการให้เหตุผล ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์

2.3) การนำความรู้ไปใช้ในขั้นที่ 5 ขั้นนำแบบจำลองไปใช้ เป็นการนำความรู้ไปใช้และให้เหตุผลในสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกัน ซึ่งนักเรียนได้ใช้แบบจำลองในการอธิบาย หรือแก้ปัญหาจนเกิดความเข้าใจในโมเดลในปรากฏการณ์ที่ศึกษาอย่างสมบูรณ์ ดังที่ Buckley et. al. (2004), อารยา วัฒนกุล (2558) ได้กล่าวไว้ว่า ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา ลงข้อสรุป และให้เหตุผล และสอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert et. al. (2000) ที่กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นามธรรมในแบบรูปธรรม ช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ ซึ่งแบบจำลองสามารถใช้เป็นสื่อเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

3) การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยใช้แบบวัดชนิด 2 ลำดับ (2 – tier conceptual test) คือ ลำดับที่ 1 สร้างคำถามที่มีคำตอบให้เลือก 2 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบ และอีกหนึ่งตัวเลือกที่เหลือ คือคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ลำดับที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบดังกล่าว ทำให้ครูสามารถรู้ทิศทางการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ และสามารถเลือกจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนแต่ละบุคคลมีความสามารถในการเรียนรู้ที่ไม่เหมือนกัน จึงมีความคลาดเคลื่อนของมโนทัศน์ที่แตกต่างกัน หากครูผู้สอนไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสอนให้มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ก็จะทำให้ไม่สามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียนได้ เพราะการสอนรูปแบบต่างๆ ไปแล้วก็ทำการสอบวัดผล ซึ่งไม่ได้ให้ความสนใจในส่วนของการศึกษามโนทัศน์เดิมของนักเรียนที่มีอยู่ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ว่านักเรียนมีมโนทัศน์เดิมที่มีความถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด ทำให้การสอนไม่มีประสิทธิภาพและไม่ตรงกับสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ แต่หากครูผู้สอนทำการศึกษามโนทัศน์ของนักเรียน จะทำให้ครูผู้สอนทราบว่านักเรียนมีพื้นฐานความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนอยู่มากน้อยเพียงใด และนักเรียนในกลุ่มที่ทำการสอนอยู่มีลักษณะความเข้าใจโมเดลที่มีการกระจายตัวของความเข้าใจในมโนทัศน์ของวิชานั้นๆ เป็นกลุ่มระดับความเข้าใจโมเดลในรูปแบบใด ซึ่งจะทำให้ครูผู้สอนสามารถออกแบบการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ของนักเรียน ทำให้สามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียนในเรื่องนั้นๆ ได้มากขึ้นนั่นเอง เช่นเดียวกับทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Hewson & Hewson (2003) และ Posner, et al. (1982)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 การจัดการเรียนการสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิคมติของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะไอออนิก ในช่วงแรกพบว่านักเรียนไม่คุ้นเคยกับการเรียนรู้ในลักษณะนี้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถคิดหรือตอบคำถามได้ ดังนั้นครูควรเอาใจใส่ หรือให้คำแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและตอบคำถามในทุกขั้นตอนของชุดการเรียนรู้ตามเนื้อหาของการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ ซึ่งอาจนำเกมหรือการตอบคำถามก่อนเรียนและหลังเรียนเข้ามาเสริมในการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และตื่นตัวในการเรียนอยู่ตลอดเวลา หรือมีเสริมแรงทางบวกให้แก่ นักเรียน เมื่อมีการตอบคำถามในเรื่องนั้นๆ ถูกต้อง เพื่อเพิ่มความสนใจให้แก่ นักเรียน

1.2 ควรจะมีการสังเกตผู้เรียนและปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้อยู่เสมอ เนื่องจากในแต่ละปี การศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนอาจจะมี ความแตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ ประสิทธิภาพของการเรียนรู้ลดลงได้ ผู้วิจัยจึงต้องมีการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์และปรับปรุงชุดการ เรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์ในการเรียนที่การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อพัฒนานิคมติของนักเรียนอย่างสูงสุด

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอแนะนำการวิจัยในครั้งต่อไปสำหรับผู้ที่มีความสนใจที่จะใช้ในการ ออกแบบและสร้างชุดการเรียนรู้ที่อิงการสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนานิคมติของนักเรียนไว้ดังต่อไปนี้

2.1 ควรศึกษาหาสาเหตุของนิคมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอย่างละเอียดเนื่องจาก นักเรียนในแต่ละพื้นที่การศึกษามีความแตกต่างกันในหลายๆ ด้าน ดังนั้นผู้วิจัยควรศึกษาปัญหาและ สาเหตุของนิคมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ครบในทุกๆ ด้านที่สามารถเก็บข้อมูลได้ เพื่อหา สาเหตุที่จะใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจนิคมติที่คลาดเคลื่อนไปสู่ความ เข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์สำหรับนักเรียนในแต่ละพื้นที่ต่อไป

2.2 จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีในปัจจุบันพบว่านักเรียนมีความสนใจการเรียน โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (Learning Tools) จึงควรพัฒนาชุดการเรียนรู้โดยการ อาศัยประสิทธิภาพสื่อประเภทมัลติมีเดียในรูปแบบอื่น ๆ เช่น 3D Virtual (3D), PhET simulations (PhET) เป็นต้น

2.3 ควรมีการวิจัยในเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการพัฒนานิคมติของนักเรียน เนื่องจากจะทำให้ได้ ข้อมูลในเชิงลึก เป็นนามธรรมและชัดเจน มีความแม่นยำสูง ซึ่งใช้ในการตั้งข้อสมมติฐานเพื่อนำไปสู่ การหาวิธีในการพัฒนานิคมติของนักเรียนให้สูงขึ้น อย่างมีทิศทางตามเส้นทางการเรียนรู้ (Learning Pathways) เพื่อนำมาใช้ในการเรียนตามกรอบแนวคิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning Progression) เพื่อพัฒนาทักษะด้านการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างสร้างสรรค์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. กรมวิชาการ. (2544). **แนวทางการจัดทำหลักสูตรของสถานศึกษา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. สสวท. (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กาญจนา เป้งวงศ์. (2546). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กลไกมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2535). **ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดประเมินผล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา
- กรมวิชาการ. กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้อุ้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).
- กรมวิชาการ. (2546). **แนวทางการประเมินผลด้วยทางเลือกใหม่**. กรุงเทพฯ: สำนักงานการทดสอบการศึกษา.
- เกียรติสุดา ศรีสุข. (2549). **ระเบียบวิธีวิจัย**. เชียงใหม่: ครองช่าง. จันทน์ภัทร ชวนดี. (2556). **ผลของการอุปมาาร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาที่มีต่อความเข้าใจมโนคติ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จิราภรณ์ ตรียาพันธ์. (2540). **ผลการใช้ชุดกิจกรรมการสอนวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชมทิศา ชันภักดี. (2553). **การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง PDCA ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการนำเสนอความรู้ด้วยหนังสือการ์ตูนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทวีป บรรจงเปลี่ยน. (2540). **การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องโลกสีเขียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติตามทฤษฎีของ Posner และคณะกับการสอนปกติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทวีพันธุ์ บุญชี. (2554). **ผลการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อาหารและสารอาหาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ทิตินา แคมมณี. (2554). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทองเลิศ บุญเชิด (2541) ผลของการใช้ชุดกิจกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านซับสนุ่น จังหวัดสระบุรี. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.
กรุงเทพฯ: มหามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐนิชา วราพรหม. (2555). ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ
ด้วยกิจกรรมเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE)
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดำรงศักดิ์ มีวรรณ. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถ
ในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์.
สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขามัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นาคยา ปลั่งธนนานนท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด (Concept learning). กรุงเทพฯ:
บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด.
- นพคุณ แดงบุญ. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อ
วิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์.
สารนิพนธ์ กศ.ม กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นฤมล งอกศิลป์. (2556). การเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การลำเลียงในพืช
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติร่วมกับ
การวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นฤมล ยุตาคม. (2542). “การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้โมเดลการสอน
วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (Science Technology and Society – STS Model)”
- วิลาวัลย์ ลาบุญเรือง. (2543). ผลการสอนเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี
เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนตามทฤษฎีของ Posner
และคณะกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีไลรัตน์ กลิ่นจันทร์. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการ
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1989). **Project 2061,**
Science for all Americans: Washington DC; Author.Bloom, B.S. (1976). **Human**
Characteristic and School Learning. New York: McGraw –
- Hill.Bodner, G. M. (1986). **Constructivism: A theory of knowledge.** Journal of Chemical
Education, 63(10), p. 873-878.

- Bruner, J. S., J. J. Goodnow and G. A. Austin. (1957). **A study of Thinking**. New York : John, Wiley and Sons, Inc.
- Butts, Davis D. (1974). **The Teacher of Science A Self Directed Planning Guide**. New York: Harper and Row.
- Cakmakci, G., Leach, J., & Donnelly, J. (2005). **Students' ideas about reaction rate and its relationship with concentration or pressure**. International Journal of Science Education, 28(15), p. 1795-1815.
- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2001). **Learners' mental models of chemical bonding**. Research in Science Education, 31, 357–382.
- Devito, Alfred and Krockover, Gerald H. (1976). **Greative Sciencing Ideas**: Activities for Teachers and Children. Little: Brown and Compshhy, inc.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). **Pupils and paradigms: a review of literature related to Concept development in adolescent science students**. Studies in Science Education, 5, p. 61-84.
- Duann, James E. (1973). **Individualized Instructional Programmed and Material**. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational, Technology. Publication.
- Fulya Oner Armagan et al. (2010). **Effectiveness of conceptual change texts : a Meta analysis**. Procedia Social and Behavioral Sciences, 9, p. 1574-1579.
- Gabel, Dorothy L. (1983). **Facilitating Problem Solving In High School Chemistry**. Journal of Research in Science Teaching. 20(2): 163 – 177.

