ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา | การศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

The Development of Secondary School Students' Mental Models of Chemical Bonding by Model-Based Learning

นามผู้วิจัย นายณัชธฤต เกื้อทาน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาตรี ฝ่ายคำตา, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สุดจิต สงวนเรือง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

The Development of Secondary School Students' Mental Models of Chemical Bonding by Model-Based Learning

โดย

นายณัชธฤต เกื้อทาน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณัชธฤต เกื้อทาน 2557: การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาตรี ฝ่ายคำตา, ปร.ด. 194 หน้า

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 211 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 5 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุม 3 แนวคิดหลักในเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นการศึกษาอำนาจเจริญ ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี แบบบันทึกวีดิทัศน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย ใบงานและใบกิจกรรม และบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดย การวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนได้นำเอาประสบการณ์หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้อธิบายพันธะเคมีและสมบัติของสาร ผลการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และประเมินแบบจำลองความคิดของตนเอง และผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Nattharit Kuathan 2014: The Development of Secondary School Students' Mental Models of Chemical Bonding by Model-Based Learning. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Assistant Professor Chatree Faikhamta, Ph.D. 194 pages.

The objectives of this study were to investigate and develop grade 10 students' mental models of chemical bonding through model-based learning. The research was divided into two phases. In the first phase, a survey research method was used in order to investigate secondary student's mental models of chemical bonding. The subjects were 211 secondary students, selected by purposive sampling from five public secondary schools under Amnatcharoen Educational Service Area and Ubonratchathani Educational Service Area 2. The research was conducted during the second semester of 2008 academic year. Students' mental models of chemical bonding were elicited by using a chemical bonding mental models questionnaire (CBMMQ). The CBMMQ consisted of 10 items covering three main concepts of chemical bonding: the ionic bonding, the covalent bonding and the metallic bonding, in which the items included open-ended questions with drawing and explanations. The research findings in the first phase could be framework and guideline for developing of learning activities. In the second phase, development secondary students' mental models of chemical bonding through model-based learning were investigated. The subjects were 39 secondary students in the first semester of 2009 academic year, selected by purposive sampling from a secondary school under Amnatcharoen Educational Service Area. The CBMMQ, classroom observation and documentary data were used to assess the development students' mental models of chemical bonding during implementing the intervention. The content analysis was used to describe students' mental models of chemical bonding.

The findings in the first phase indicated that majority of students held complete flawed mental models of chemical bonding. The concepts that most of students' mental models were flawed mental models were conductivity of ionic compounds, intermolecular forces and metallic bond formation. The students used their everyday-life experiences to explain chemical bonding and their properties. The research findings suggested that teachers should provide learning activities which help students to construct, test and evaluate their mental models. The findings in the second phase revealed that, prior to learning activities the majority of student held flawed mental models, particularly in conductivity of ionic compounds, polarity of molecules, ionic bond formation and intermolecular forces. During students were learning through model-based learning (MBL), the were encouraged to construct mental models, evaluate their mental models to hands-on and activities and the animation have linked the chemical changes in the three-level, revise model and elaborate model. It was found that MBL could promote students' correct mental models, especially structure of ionic compounds, conductivity of ionic compounds, covalent bond formation and conductivity of metals.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. สุดจิต สงวนเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ท่านได้กรุณาทุ่มเทเวลา ให้ความรู้ ข้อคิด คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. จิตตมาส สุขแสวง ประธานกรรมการสอบ และ ดร. สุทธิดา จำรัส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้ข้อคิดและคำแนะอย่างดียิ่งในการปรับปรุงแก้ไข รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดการศึกษาในระดับปริญญาโท

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนของกลุ่มที่ศึกษาทุกโรงเรียนที่ให้ความสะดวกต่างๆ รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตให้โรงเรียนเป็นสถานที่ในการทดลองใช้เครื่องมือและใช้เป็นกลุ่มที่ศึกษา ดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลจนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนที่เป็นกลุ่มที่ศึกษาทุกคนที่ตั้งใจเรียน ตั้งใจทำกิจกรรมอย่างภาคเพียร และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจในการทำวิจัย และขอขอบคุณ คุณชมพูนุช เกื้อทานและเด็กชายเสฏฐวุฒิ เกื้อทาน ที่เป็นคอยเป็นกำลังใจอย่างดียิ่งมาโดยตลอด คอยช่วยเหลือสนับสนุน อำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและดำเนินการวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายขอบคุณสมาชิกในครอบครัวทุกคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างดีตลอด

ณัชธฤต เกื้อทาน
มิถุนายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (4)

บทที่ 1 บทนำ 1
- ความสำคัญของปัญหา 1
- คำถามการวิจัย 4
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
- ขอบเขตการวิจัย 5
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
- นิยามศัพท์ 7

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 8
- เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 9
- ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 10
- แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 13
- แบบจำลองความคิด 19
- แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี 22
- การเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 30

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 37
- การดำเนินการวิจัยระยะที่ 1 37
- การดำเนินการวิจัยระยะที่ 2 47

บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์ 54
- ผลการวิจัยระยะที่ 1 54
- ผลการวิจัยระยะที่ 2 67
- ข้อวิจารณ์ 120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 123

สรุปผลการวิจัยระยะที่ 1 123

สรุปผลการวิจัยระยะที่ 2 126

ข้อเสนอแนะ 133

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 135

ภาคผนวก 143

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ 144

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล 146

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 158

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 194

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	รายละเอียดแนวคิดย่อย 10 แนวคิดของเรื่องพันธะเคมี	39
3.2	ประเภทแบบจำลองความคิดและตัวอย่างของการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน	45
4.1	จำนวนและร้อยละของกลุ่มที่ศึกษาจำแนกตามเพศ อายุ เกรดวิชาเคมี และความสนใจวิชาเคมี	55
4.2	จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีในกลุ่มต่าง ๆ	57
4.3	จำนวนและร้อยละของมูลทั่วไปของกลุ่มที่ศึกษา	69
4.4	จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างการปฏิสัมพันธ์ของแบบจำลองกับปรากฏการณ์	21
2.2	กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	31
4.1	นักเรียนวาดภาพแสดงการเกิดพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์	59
4.2	แบบจำลองโครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ที่นักเรียนเลือก	59
4.3	นักเรียนวาดภาพสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสารละลาย	60
4.4	นักเรียนวาดภาพแสดงการสร้างพันธะภายในโมเลกุลของไอโอดีน 1 โมเลกุล	61
4.5	นักเรียนวาดภาพรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O)	62
4.6	นักเรียนวาดภาพรูปร่างโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์	63
4.7	นักเรียนวาดภาพแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	63
4.8	นักเรียนวาดภาพแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	64
4.9	ภาพแบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้ในการอธิบายการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์	65
4.10	นักเรียนวาดภาพแบบจำลองการเกิดพันธะภายในเหล็ก	66
4.11	นักเรียนวาดภาพแบบจำลองการนำไฟฟ้าของลวดทองแดง	67
4.12	แผนผังแสดงการจัดห้องปฏิบัติการเคมี (ห้อง 224)	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		**หน้า**
4.13	ร้อยละโดยเฉลี่ยของแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	75
4.14	ภาพแบบจำลองแสดงการเกิดพันธะไอออนิก	76
4.15	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน	77
4.16	แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มี แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) วาดภาพก่อนเรียน	78
4.17	แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มี แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) วาดภาพก่อนเรียน	78
4.18	แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มี แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) วาดภาพหลังเรียน	79
4.19	แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มี แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) วาดภาพหลังเรียน	80
4.20	ภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์	81
4.21	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน	82
4.22	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน	86
4.23	แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ของนักเรียนเกี่ยวกับการนำไฟฟ้า ของสารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสภาพสารละลาย	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		**หน้า**
4.24	แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ของนักเรียนเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสภาพสารละลาย	88
4.25	แบบจำลองโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลของไอโอดีน 1 โมเลกุล	89
4.26	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน	90
4.27	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลไอโอดีน 1 โมเลกุล ของนักเรียนก่อนเรียน	91
4.28	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลไอโอดีน 1 โมเลกุล ของนักเรียนหลังเรียน	92
4.29	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องรูปร่างโมเลกุล ก่อนเรียนและหลังเรียน	94
4.30	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O) ของนักเรียนก่อนเรียน	95
4.31	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O) ของนักเรียนหลังเรียน	96
4.32	แบบจำลองสภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3)	97
4.33	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียน	98
4.34	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสภาพขั้วโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_{-3}) ของนักเรียนก่อนเรียน	99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		**หน้า**
4.35	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสภาพขั้วโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) ของนักเรียนหลังเรียน	100
4.36	แบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของพันธะไฮโดรเจน และแรงดึงดูดระหว่างขั้ว	102
4.37	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียน	103
4.38	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ของนักเรียน ก่อนเรียน	104
4.39	แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ของนักเรียน หลังเรียน	105
4.40	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่ายก่อนเรียนและหลังเรียน	108
4.41	แบบจำลองโครงผลึกของสารซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิด ที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เลือกใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์ก่อนเรียน	109
4.42	แบบจำลองโครงผลึกของสารซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เลือกใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์ก่อนเรียน	109
4.43	แบบจำลองโครงผลึกของสารซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ ถูกต้อง (CMM) เลือกใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์หลังเรียน	110
4.44	แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนในโครงผลึกของเหล็ก	112

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		**หน้า**
4.45	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเกิดพันธะโลหะก่อนเรียนและหลังเรียน	113
4.46	นักเรียนวาดแบบจำลองการเกิดพันธะโลหะก่อนเรียน	114
4.47	นักเรียนวาดแบบจำลองการเกิดพันธะโลหะหลังเรียน	115
4.48	แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนในโครงผลึกของโลหะทองแดง	116
4.49	ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะก่อนเรียนและหลังเรียน	117
4.50	นักเรียนวาดแบบจำลองการนำไฟฟ้าของลวดทองแดงหลังเรียน	118
4.51	นักเรียนวาดแบบจำลองการนำไฟฟ้าของลวดทองแดงหลังเรียน	119

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การศึกษานับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาขีดความสามารถของประเทศ ประเทศที่เป็นผู้นำทางเศรษฐกิจคือประเทศที่มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นประเทศที่มีกำลังคนซึ่งมีคุณภาพ มีความรู้และทักษะที่เป็นเลิศทางด้านวิทยาศาสตร์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา [สกศ.], 2543: 49) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าวิทยาศาสตร์มีบทบาทและมีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคสังคมแห่งความรู้ (Knowledge-based society) เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของคนทุกคน การเตรียมคนทุกคนให้ได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) จึงเป็นเป้าหมายสูงสุดของหลักสูตรวิทยาศาสตร์โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทั้งในด้านของความรู้ ทักษะกระบวนการและจิตวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2546) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความรู้ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานว่านอกจากผู้เรียนจะต้องเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้วยังต้องเข้าใจถึงวิธีการสร้างและพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ด้วยซึ่งส่วนใหญ่มาจากการสร้างแบบจำลอง (สสวท., 2456: 26-28) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างและพัฒนาแบบจำลองความคิดของตนเองนั่นก็คือเน้นที่ตัวผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับแนวการจัดการศึกษาที่ต้องยึดหลักว่าผู้เรียนสำคัญที่สุดตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545: 14) และยังสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้และความหมายให้กับตนเอง (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นและพัฒนามาจากแบบจำลองความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Coll, France and Taylor, 2005) แบบจำลองความคิดเป็นโครงสร้างทางความคิดของเฉพาะบุคคล (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) ใช้ในการบรรยาย อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ซึ่งไม่เคยมีความรู้หรือประสบการณ์มาก่อน (Norman, 1983) นักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบความคิดหรือสมมติฐานรวมทั้งใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ (Gobert and Buckley, 2000) แบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์มองเห็นจะเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรมซึ่งเป็นสิ่งที่แทนความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบ (Gilbert *et al.* 2000) ในขณะที่นักเรียนก็มีวิธีการสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความรู้เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์แต่แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมักจะเป็นรูปธรรมหรือวัตถุมากกว่านามธรรม รวมทั้งไม่สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ (Coll, 2008) แบบจำลองจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการเรียนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นและจับต้องได้ เช่น วิชาเคมี ครูและนักเรียนจึงได้นำแบบจำลองมาใช้ในการอธิบายเพื่อเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับโลกของประสบการณ์จริง (Gilbert, 2004)

หลักสูตรวิทยาศาสตร์จัดเนื้อหาเคมีให้อยู่ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร (สสวท., 2546) ซึ่งจะศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำให้เนื้อหามีความเฉพาะแตกต่างจากวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอธิบายพฤติกรรมของสสารซึ่งจะอธิบายใน 3 ระดับ (Johnstone, 1993; Gilbert, 2004) คือ ระดับมหภาค (Macroscopic) เป็นสิ่งที่มีอยู่จริง สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น การนำไฟฟ้าของลวดทองแดง ระดับจุลภาค (Microscopic) เป็นสิ่งที่มีอยู่จริงแต่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น ลวดทองแดงนำไฟฟ้าอย่างไร ซึ่งต้องอธิบายในระดับอะตอมหรือโมเลกุล และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นการใช้สิ่งที่เป็นตัวแทน (Representation) เช่น สูตรเคมี โครงสร้างทางเคมีหรือแบบจำลองในการอธิบายเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคและจุลภาค เช่น ใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนอธิบายการนำไฟฟ้าในลวดทองแดง

อย่างไรก็ตามจากการตรวจเอกสารพบว่าสมรรถนะด้านการศึกษาของไทยในระหว่าง พ.ศ. 2548 – 2550 มีความสามารถลดลงอย่างต่อเนื่อง (สกศ., 2551ก: 10) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากผลการประเมินนักเรียนนานาชาติ PISA 2006 พบว่าการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ในกลุ่มต่ำและมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2550) ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2551: 7) นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนเฉลี่ยของวิชาเคมีมีแนวโน้มลดลง (สกศ., 2551ข: 10-11) ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินในโครงการ TIMSSR-1999 ที่พบว่านักเรียนไทยมีปัญหาในการเรียนวิชาเคมีอย่างมากและมีคะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยทั้งใน TIMSS-1995 และ TIMSS-1999 (สุนีย์ คล้ายนิล, 2545) นับว่าเป็นวิกฤติอย่างยิ่งของคุณภาพการศึกษาไทย

นอกจากนักเรียนไทยจะประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมีแล้ว จากการตรวจเอกสารยังพบว่านักเรียนในต่างประเทศก็มีปัญหาเช่นเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนเคมี (Taber and Coll, 2002) ดังจะเห็นได้จากรายงานวิจัยที่พบว่านักเรียนส่วนมากมีแบบจำลองความคิดของพันธะเคมีอย่างง่ายไม่ละเอียดซับซ้อน (Coll and Treagust, 2001a; 2002; 2003a; 2003b; Taber, 2003; Coll, 2008) แบบจำลองความคิดของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Harrison and Treagust, 2000; Coll and Taylor, 2002; Taber, 2003) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนมากมีแนวคิดทางเลือกในเรื่องของพันธะไอออนิก (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543; Coll and Treagust, 2003a; Ozmen, 2004; Unal *et al*. 2006) พันธะโคเวเลนต์ (Peterson, Treagust and Garnett, 1989; Coll and Taylor, 2001; Nicoll, 2001; Ozmen, 2004; Unal *et al*. 2006) และพันธะโลหะ (Coll and Treagust, 2003b; Taber, 2003; Ozmen, 2004; Unal *et al*. 2006)

จากรายงานการศึกษาและงานวิจัยดังที่กล่าวมาแล้วชี้ให้เห็นว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมียังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากหลายประการ กล่าวคือ วิธีการสอนไม่เหมาะสมกับเนื้อหา ภาษาที่ใช้ในเคมีไม่เหมือนกับภาษาในชีวิตประจำวัน ผู้เรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน เกิดการทับซ้อนของแนวคิดที่คล้ายกัน รวมทั้งวิชาเคมีเป็นวิชาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง เนื่องจากจะกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของอิเล็กตรอน อะตอม โมเลกุล ซึ่งเป็นสิ่งผู้เรียนมองไม่เห็นรวมทั้งมีการนำแบบจำลองมาใช้ในหลายประเภทซึ่งมีทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม (Taber and Coll, 2002) ดังนั้นในขณะที่เรียนนักเรียนจึงต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาเพื่อเปลี่ยนจากแบบจำลองหนึ่งไปสู่อีกแบบจำลองหนึ่ง เพื่อสร้างความเข้าใจและความหมายให้กับตนเอง (Gilbert, 2004) ด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงทำให้นักเรียนส่วนมากไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนเรื่องพันธะเคมีจึงส่งผลให้มีแนวคิดทางเลือกเกิดขึ้น

ดังนั้นในฐานะที่ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาเคมี จึงมีแนวคิดว่าหากครูทราบแบบจำลองความคิดของผู้เรียนแต่ละคนในเรื่องพันธะเคมี รวมทั้งมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละคนได้แสดงออก ซึ่งแบบจำลองความคิดของตนเองผ่านกระบวนการสร้าง การประเมิน การปรับปรุงแก้ไข และการขยายแบบจำลอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกเช่นเดียวกับวิธีการสร้างและพัฒนาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ น่าจะทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้น ซึ่งวิธีการสอนนี้สอดคล้องกับวิธีการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองความคิด แนวคิด (Khan 2007; 2008a) รวมทั้งเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Kenyon, Schwarz and Hug, 2008)

อย่างไรก็ตามจากการตรวจเอกสารพบว่าในประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีเลยและงานวิจัยในต่างประเทศที่ผ่านมาเป็นเพียงการสำรวจข้อมูลเชิงลึกเท่านั้น (Coll and Treagust, 2001a; 2002; 2003a; 2003b; Coll and Taylor, 2002; Taber, 2003; Coll, 2008) ยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธะเคมีโดยตรง รวมทั้งงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาเคมียังมีอยู่น้อย (Khan, 2007; 2008a; 2008b; Kenyon *et al.* 2008) ตลอดจนผลการวิจัยที่ศึกษาก็เป็นบริบทของต่างประเทศซึ่งแตกต่างจากประเทศไทย ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแบบจำลองความคิดของนักเรียนในเรื่องพันธะเคมี รวมทั้งสภาพการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากครูถือว่าเป็นผู้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อนักเรียนซึ่งจะนำผลที่ได้มาออกแบบและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมและการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งจะทำให้ครูได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดของผู้เรียน

คำถามการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ โดยมีคำถามการวิจัยในแต่ละระยะเป็นดังนี้

1. แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นอย่างไร

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีอย่างไรเมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ โดยในแต่ละระยะมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

การวิจัยระยะที่ 1

1. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 211 คน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญและสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 ของโรงเรียน 5 โรงเรียน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล สารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ ตามเนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

3. ระยะเวลาที่ใช้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551

4. สิ่งที่ศึกษาคือ แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวิจัยระยะที่ 2

1. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นการศึกษาอำนาจเจริญ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 39 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์และพันธะโลหะ โดยประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล สารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ ตามเนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการสอน ดำเนินการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โดยใช้ระยะเวลาในการสอน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 24 ชั่วโมง โดยใช้เวลา 8 สัปดาห์

4. สิ่งที่ศึกษาคือ การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ครูได้แนวทางในการศึกษาแบบจำลองความคิดของผู้เรียนในเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี และเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ หรือในรายวิชาอื่น ๆ

2. ครูได้แนวทางในการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดของผู้เรียนในเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี และเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ หรือในรายวิชาอื่น ๆ

3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับครูผู้สอนวิชาเคมีในการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมี

4. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่นักวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนในการออกแบบหลักสูตร แบบเรียน และกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิยามศัพท์

แบบจำลองความคิด หมายถึง ภาพสะท้อนถึงจินตนาการ ระบบ รูปแบบ และโครงสร้างทางความคิด ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของนักเรียนแต่ละคนที่เกี่ยวกับเรื่องพันธะเคมี โดยจะแสดงออกมาในรูปของภาษา การเขียน การใช้สัญลักษณ์ การวาดภาพ ลักษณะท่าทาง และวัตถุหรือรูปธรรม

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กิจกรรมการเรียนการสอนที่มีลำดับขั้นในการสอนเริ่มจากการสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การปรับปรุงแก้ไข และการขยายแบบจำลอง โดยที่นักเรียนและครูมีการสร้างแบบจำลองร่วมกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ แล้วนำมาสรุป เรียบเรียง และนำเสนอเป็นลำดับดังนี้

1. เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง
   - 3.2 ประเภทของแบบจำลอง
   - 3.3 รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก
   - 3.4 แบบจำลองในเรื่องพันธะเคมี

4. แบบจำลองความคิด
   - 4.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองความคิด
   - 4.2 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองความคิด แบบจำลองที่แสดงออกและปรากฏการณ์

5. แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี
   - 5.1 แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน
   - 5.2 แนวคิดทางเลือกของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะเคมี
   - 5.3 การวัดแบบจำลองความคิด

6. การเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   - 6.1 ความหมายและลักษณะโดยทั่วไปของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   - 6.2 รูปแบบของการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ซึ่งมีสาเหตุสำคัญของการปฏิรูปมาจากคุณภาพการศึกษาที่ตกต่ำไม่สามารถแข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้านได้โดยเมื่อเปรียบเทียบกับประชาคมโลก จำนวน 47 ประเทศ พบว่า ความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 33 เท่านั้น โดยเฉพาะคุณภาพด้านผู้เรียน (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา, 2544) ดังนั้นหัวใจสำคัญของการปฏิรูปการศึกษาในครั้งนี้ คือ การปฏิรูปการเรียนรู้ (คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้, 2543: ก) และหัวใจสำคัญของการปฏิรูปการเรียนรู้คือ ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (สำนักนโยบายและแผนการศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม, 2543: 1-22) ดังนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้มีการปฏิรูปหลักสูตรวิทยาศาสตร์ขึ้น ถือเป็นหลักสูตรแกนกลางหรือเรียกว่าหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546) โดยในการปฏิรูปหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้กำหนดขึ้นภายใต้กรอบแนวคิดเรื่องของการพัฒนาการศึกษาเพื่อเป็นการเตรียมคนในสังคม และได้กำหนดเป้าหมายที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประการดังนี้ (สสวท., 2546: 4)

1. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้วิทยาศาสตร์คือ เข้าใจหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

2. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการคิด จินตนาการ ทักษะการสื่อสาร ความสามารถในการแก้ปัญหา และตัดสินใจ

3. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนาให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

จากเป้าหมายดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ต้องให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน ทั้งนี้จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ คือ มุ่งให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะสร้างความรู้เกี่ยวเหตุการณ์ วัตถุ ระบบ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ จากแบบจำลองความคิดของตนเอง (Mental models) และจะสื่อสารแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) ในหลายรูปแบบเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รับรู้และเข้าใจ หรือบางครั้งนักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในรูปแบบที่มองเห็นได้ชัดเจนและสามารถสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นนักเรียนก็เช่นเดียวกันที่จะต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองและเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2546) อันเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนครูควรสนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสทำความเข้าใจ ได้สร้างและใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะประสบความสำเร็จได้นั้น นอกจากครูจะรู้ถึงวิธีการสอนแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือจะต้องรู้ถึงวิธีการเรียนรู้และการสร้างความรู้ของนักเรียนด้วย

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ในปัจจุบันนี้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้พัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยนักจิตวิทยา นักวิทยาศาสตร์ และนักการศึกษาทำให้มีทฤษฎีการเรียนรู้และหลักการเรียนรู้เกิดขึ้นจำนวนมากที่พยายามอธิบายถึงกระบวนการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แต่ในงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษานั้นทฤษฎีการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในปัจจุบันนี้คือทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้และความหมายด้วยตนเองโดยอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลใหม่เข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิม แต่อย่างไรก็ตามจากการตรวจเอกสารที่เกี่ยวกับทฤษฎีนี้พบว่านักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกันออกไป ดังนี้

สุนีย์ คล้ายนิล (2550) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นปรัชญาการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนหลักการที่ว่าคนเราสร้างความหมาย ความเข้าใจในโลกที่เราอยู่โดยการสะท้อนจากประสบการณ์ของเรา เนื่องจากคนเราแต่ละคนต่างก็ตั้งกฎเกณฑ์และรูปแบบของความคิดซึ่งเราใช้สร้างความหมายให้กับสิ่งที่เราประสบ ดังนั้นการเรียนรู้ก็เป็นกระบวนการปรับรูปแบบความคิดเพื่อรับรู้และสร้างความหมายให้กับประสบการณ์ใหม่ การสร้างความหมายเป็นเรื่องส่วนตัวไม่มีใครสามารถสร้างความหมายของสิ่งใดให้ใครได้ผู้เรียนจะต้องสร้างเอาเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Glaserfeld (1991 อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2541) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยาและการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมการสื่อความหมายในตัวคน ซึ่งทฤษฎีนี้อ้างถึงหลักการ 2 ข้อ คือ 1) ความรู้ถูกสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจและมีส่วนร่วมในการรับรู้ 2) หน้าที่ของการรับรู้ ความรู้ ความเข้าใจเป็นการปรับตัวและใช้ในการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด

Fosnost (1996 อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2541) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้และเป็นการบรรยายโดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญาและมานุษยวิทยา ว่าความรู้คืออะไรและได้มาอย่างไร โดยเชื่อว่าความรู้ว่าเป็นสิ่งชั่วคราว มีการพัฒนาไม่เป็นปรนัยและถูกสร้างขึ้นภายในตัวคนโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ส่วนการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองในการต้องสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นการสร้างตัวแทนใหม่โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม และเป็นการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้นโดยผ่านกิจกรรมทางสังคมและผ่านการร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

สรุปได้ว่านักการศึกษากลุ่มหนึ่งมองทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นปรัชญาเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ของบุคคล ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งมองทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ของบุคคล แต่อย่างไรก็ตามนักการศึกษาทั้งสองกลุ่มนี้มองว่าการเรียนรู้ของบุคคลตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเหมือนกัน กล่าวคือ เชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้และความหมายด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับมาเข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้ว การสร้างความรู้ของแต่ละบุคคลนั้นจะแตกต่างกันออกไปเป็นเรื่องเฉพาะสำหรับแต่ละบุคคล เนื่องจากในแต่ละบุคคลนั้นมีความแตกต่างกันของพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ และความรู้เป็นสิ่งที่ไม่คงที่ มีการพัฒนา ไม่ใช่ความจริงแท้สมบูรณ์ เป็นสมมติฐานที่ใช้ได้ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้นและถูกสร้างขึ้นภายในตัวบุคคลโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม

แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองได้รับอิทธิพลมาจากแนวคิดของนักจิตวิทยา 2 ท่าน คือ Piaget และ Vygotsky โดยทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Piaget เป็นกระบวนการทางสติปัญญา (Cognitive constructivism) ในขณะที่การสร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Vygotsky เป็นกระบวนการทางสังคม (Social constructivism) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีรายละเอียด ดังนี้ (บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, 2546: 66-70; ทิศนา แขมมณี, 2550: 90-96)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การสร้างความรู้เป็นกระบวนการทางสติปัญญา (Cognitive constructivism) Piaget ได้อธิบายการสร้างความรู้โดยใช้แบบจำลองปฏิสัมพันธ์ (Interaction model) ซึ่งเป็นการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมโดยจะเริ่มจากบุคคลนั้นอยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) จนเมื่อเผชิญกับสิ่งเร้าหรือประสบการณ์ใหม่จากสภาพแวดล้อมจะเกิดการดูดซึม (Assimilation) สิ่งเร้าหรือประสบการณ์นั้นเข้าไปสัมพันธ์กับโครงสร้างทางความคิด (Schemata) ที่มีอยู่เดิมถ้าหากไม่สัมพันธ์กันได้ลงตัวพอดีจะทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) บุคคลนั้นก็จะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) อีกครั้งโดยใช้กระบวนการปรับเปลี่ยน (Accommodation) โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่เดิมเพื่อให้โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่เดิมนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีการปรับตัว (Adaptation) และเกิดเป็นโครงสร้างทางความรู้ความคิดใหม่ขึ้น ด้วยเหตุนี้การดูดซึมและการปรับเปลี่ยนจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่นำไปสู่การสร้างความรู้

2. การสร้างความรู้เป็นกระบวนการทางสังคม (Social constructivism) Vygotsky เป็นผู้มีอิทธิพลต่อความคิดของการจัดการศึกษาที่เน้นบริบททางสังคมและวัฒนธรรม เช่น การเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) โดยได้อธิบายว่าแต่ละบุคคลได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้วก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ดังนั้นสถาบันทางสังคมต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่ครอบครัวจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคล นอกจากนั้นภาษายังเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิดและการพัฒนาการเชาว์ปัญญาขั้นสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้ Vygotsky จึงเน้นความสำคัญของความแตกต่างระหว่างบุคคลและการให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะ (Scaffolding) ผู้เรียนจากระดับพัฒนาการที่มีอยู่จริงให้ไปถึงระดับพัฒนาการที่ผู้เรียนจะมีศักยภาพ ไปถึงได้ (Zone of proximal development) รวมทั้ง Vygotsky ยังได้เน้นความสำคัญของบริบทที่แท้จริง (Authentic context) เนื่องจากการเรียนรู้และการสร้างความหมายใด ๆ มักเป็นการสร้างบนฐานของบริบทใดบริบทหนึ่งจะกระทำโดยขาดบริบทนั้นไม่ได้ ดังนั้นกิจกรรมและภาระงานทั้งหลายที่ใช้ในการเรียนรู้ก็จำเป็นต้องเป็นสิ่งจริง (Authentic activities/tasks)

จากแนวคิดที่กล่าวมาสรุปได้ว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองจะให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการเรียนรู้ของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์โดยถือว่าสมองเป็นเครื่องมือสำคัญที่สุดที่เราใช้ในการสร้างความหมายของปรากฏการณ์ เหตุการณ์และสิ่งต่าง ๆ ในโลกนี้ ซึ่งการสร้างความหมายเป็นเรื่องเฉพาะบุคคลเนื่องจากการสร้างความหมายของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับการรับรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความต้องการ ความสนใจและบริบททางสังคมและวัฒนธรรมซึ่งมีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองมาเป็นกรอบแนวคิดพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยตีความหมายว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ไม่ใช่เพียงรับเอาข้อมูลเข้ามาอย่างเดียวแต่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูลและสร้างความหมายด้วยตนเอง นอกจากนั้นกระบวนการเรียนรู้ยังเป็นกระบวนการทางสมองซึ่งผู้เรียนแต่ละคนจะสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาภายในสมองโดยเชื่อมโยงข้อมูลใหม่เข้ากับประสบการณ์เดิมควบคู่ไปกับแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างเพื่อนและครูซึ่งเป็นกระบวนการทางสังคม

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง

คำว่า “แบบจำลอง” เป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า “Model” ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและการนำไปใช้ แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงความหมายของแบบจำลองที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษาเพียงเท่านั้น

แบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนของระบบของแนวคิด ความคิด (Gilbert and Boulter, 2000; Holloum, 2004) ซึ่งสร้างขึ้นในระยะแรก ๆ เพื่อใช้เป็นแบบแผนในการอ้างอิง นอกจากนั้น Gilbert (2004) ยังกล่าวว่าแบบจำลองอาจจะรวมไปถึง วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบ ซึ่งมีความหมายคล้ายคลึงกับที่ Eduran and Duschl (2004) ที่กล่าวว่าแบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนของวัสดุสิ่งของ ภาพของจินตนาการ ระบบที่แทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่ Cartier, Rudolph and Stewart (2001) เสนอแนะว่าโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์จะสร้างขึ้นหรือเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นกลุ่มของความคิดที่อธิบายถึงกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งความหมายนี้สอดคล้องกับ Gilbert *et al*. (2000) ที่กล่าวว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ในระยะแรกซึ่งสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะ

จากความหมายของแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสรุปว่าแบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจเป็นพิเศษ ซึ่งปรากฏการณ์ในที่นี้จะรวมทั้งสิ่งเป็นแนวคิด ภาพของจินตนาการ วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Coll *et al*. 2005) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจขึ้นมาและแบบจำลองความคิดนี้จะนำไปสู่การสร้างสมมติฐานโดยที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองในการสร้างสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน นอกจากนั้นนักวิทยาศาสตร์ยังได้ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Gobert and Buckley, 2000) แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองจึงถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิชาฟิสิกส์และเคมีซึ่งเนื้อหามีความซับซ้อนและมีแนวคิดที่เป็นนามธรรม (Harrison and Treagust, 1996) ดังนั้นจึงมีการนำแบบจำลองมาใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมและโลกของประสบการณ์จริงทำให้เข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้นและมองเห็นเป็นรูปธรรม (Gilbert, 2004)

จากการสร้างและความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาสรุปได้ว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาจากแบบจำลองความคิดและจะตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองความคิดนี้โดยการสร้างเป็นแบบจำลองขึ้นมา ซึ่งหากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตที่สนใจได้ จะทำให้แบบจำลองนี้พัฒนาไปเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือในการทดสอบแบบจำลองความคิดและใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเป็นเครื่องมือที่ทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น

ประเภทของแบบจำลอง

แบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง แต่ในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่เน้นในเรื่องของการสร้างและการนำแบบจำลองไปใช้ของนักเรียนและครู ดังนั้นผู้วิจัยจึงยึดวิธีการแบ่งประเภทของแบบจำลองตามแนวคิดของ Gilbert, Boulter and Elmer (2000) เนื่องจากมีความสอดคล้องกับลักษณะของงานวิจัยมากที่สุด โดย Gilbert *et al*. (2000) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 9 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองความคิด (Mental model) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลและเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างทางความคิดของบุคคลนั้น ๆ เช่น มีนักเรียนบางคนคิดว่าในโลหะมีพันธะโคเวเลนต์หรือบางคนคิดว่าในโลหะมีพันธะไอออนิก (Taber, 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) เป็นการแสดงออกถึงแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น นักเรียนอธิบายว่าพันธะในโมเลกุลของไอโอดีน (I_2) เป็นพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบตามกฎออกเตต โดยวาดเครื่องหมายกากบาทและจุดแทนเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน (Coll and Treagust, 2001a; 2002; Coll, 2008)

3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) เป็นแบบจำลองที่ได้จากการยอมรับจากมติภายในกลุ่มว่ามีคุณค่าและมีความเหมาะสม เช่น นักเรียนในกลุ่มที่ศึกษาทั้งระดับมัธยมศึกษา ระดับอุดมศึกษาและบัณฑิตศึกษามีความเห็นตรงกันว่าพันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดของประจุที่ต่างกัน (Coll and Treagust, 2003a)

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการสอบแล้วว่าเป็นสิ่งถูกต้องและกลุ่มประชาคมนักวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับในช่วงเวลานั้น ๆ เช่น นักเคมีเชื่อว่าพันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าของไอออนบวกและไอออนลบที่เสถียร (สสวท., 2547)

5. แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (History model) เป็นแบบจำลองที่ประชาคมนักวิทยาศาสตร์เคยให้การยอมรับมาก่อนใช้เป็นพื้นฐานของแนวคิดในการอธิบายการเรียนรู้ เช่น แบบจำลองอะตอมของดอลตันหรือแบบจำลองอะตอมของทอมสัน

6. แบบจำลองหลักสูตรการศึกษา (Curricular model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการรวมเอาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์มาบรรจุไว้ในหลักสูตรการเรียนการสอนให้มีรูปแบบที่มีความเหมาะสมและง่ายต่อการศึกษา

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจแบบจำลองมติของกลุ่ม แบบจำลองทางประวัติศาสตร์หรือแบบจำลองหลักสูตรการศึกษา ซึ่งอาจจะพัฒนาขึ้นโดยครูหรือนักเรียนก็ได้

8. แบบจำลองผสม (Hybrid model) เป็นแบบจำลองที่ครูสร้างขึ้นจากการรวบรวมเอาแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองหลักสูตรการศึกษา ที่มีลักษณะแตกต่าง ๆ กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างกลมกลืนในเรื่องที่ศึกษา เพื่อนำไปใช้ในเอกสารหลักสูตรหรือการสอนในห้องเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. แบบจำลองวิธีการสอน (Model of pedagogy) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้ในระหว่างการวางแผนการสอน การจัดการเรียนการสอนและการสะท้อนกิจกรรมในห้องเรียน แบบจำลองวิธีการสอนที่ครูสร้างขึ้นนั้นจะต้องตระหนักถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของการสอนวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองแต่ละประเภทจะมีลักษณะและประโยชน์ที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองที่แสดงออกจะเป็นเสมือนหน้าต่างที่ช่วยให้บุคคลอื่นได้รับรู้และเข้าถึงแบบจำลองความคิดที่เราสร้างขึ้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองที่แสดงออกเป็นตัวแทนของแบบจำลองความคิดนั่นเอง ซึ่งแบบจำลองที่แสดงออกในทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบและในบางครั้งรูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกอาจมีการรวมกันมากกว่าหนึ่งรูปแบบ

รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก

ในขณะที่เรียนวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมา เพื่อใช้ในการสร้างความหมายและความเข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่าแบบจำลองความคิดเป็นของเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้น (Norman, 1983; Gilbert *et al*. 2000) และเป็นสิ่งที่บุคคลอื่นยากจะสามารถเข้าถึงได้ ดังนั้นจึงต้องให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นออกมาผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งนักเรียนอาจจะมีลักษณะของการแสดงออกได้ในหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้ (Boulter and Buckley, 2000: 46-47; Gilbert, 2005: 13)

1. แสดงออกในลักษณะของรูปธรรม (Concrete or material mode) เป็นการแสดงออกในลักษณะสามมิติ ซึ่งอาจจะสร้างจากวัสดุที่มีความคงทน เช่น แบบจำลองพลาสติกที่แสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกหรือแบบจำลองของลูกโป่งที่แทนรูปร่างโมเลกุล

2. แสดงออกในลักษณะของภาษา (Verbal mode) เป็นการแสดงออกโดยการบรรยายเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ปรากฏ เช่น ในแบบจำลองโมเลกุลชนิด ball-and-stick อธิบายว่าลูกบอลแทนอะไร เส้นแต่ละเส้นแทนอะไร หรืออธิบายโดยการเปรียบเทียบ เช่น พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบตามกฎออกเตต (Coll and Treagust, 2001a; 2002; Coll, 2008) หรืออาจจะแสดงออกได้ทั้งการพูดและการเขียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. แสดงออกในลักษณะของสัญลักษณ์ (Symbolic mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมีหรือสมการเคมี เช่น นักเรียนเขียน $Na^+ Cl^-$ แทนการเกิดพันธะไอออนิกในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (Coll and Treagust, 2003a)

4. แสดงออกในลักษณะของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้กราฟ แผนภาพ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพโครงสร้างทางเคมีในลักษณะ 2 มิติ หรือภาพเสมือนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น นักเรียนวาดรูปวงกลมและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเพื่อแสดงถึงโครงสร้างผลึกของอะลูมิเนียม (Coll and Treagust, 2003b)

5. แสดงออกในลักษณะของกิริยาท่าทาง (Gestural mode) เป็นการแสดงออกโดยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น การจำลองการเคลื่อนที่ของไอออนในกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส โดยให้นักเรียนเดินตามช่องทางที่กำหนด

6. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของรูปธรรม (Concrete mixed) เป็นการแสดงออกด้วยแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับภาพหรือคำพูด และแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น นักเรียนแสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกด้วยแบบจำลองลูกปิงปองและมีข้อความติดอยู่ที่ลูกปิงปองแต่ละลูกว่าใช้แทนอะไร

7. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาษา (Verbal mixed) เป็นการแสดงออกด้วยข้อความควบคู่กับภาพหรือข้อความควบคู่กับสัญลักษณ์ขององค์ประกอบ เช่น ข้อความอธิบายโครงสร้างของแกรไฟต์ที่สัมพันธ์กับแผนภาพโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์

8. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของสัญลักษณ์ (Symbolic mixed) เป็นการแสดงออกด้วยสมการและสูตรควบคู่กับคำอธิบาย เช่น สัญลักษณ์ H_2O แทนสูตรโมเลกุลของน้ำ ประกอบด้วย H 2 อะตอม และ O 1 อะตอม

9. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกด้วยภาพประกอบคำอธิบายหรือภาพควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายประกอบคำอธิบาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของกิริยาท่าทาง (Gestural mixed) เป็นการแสดงออกด้วยคำอธิบายประกอบท่าทาง เช่น ให้นักเรียนเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ พร้อมกับอธิบายว่าเป็นการเคลื่อนที่ของไอออนในขณะที่นำไฟฟ้า

จากรูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกตามที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถแสดงแบบจำลองความคิดผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออกได้ในหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างความหมายและการสร้างความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งจะแตกต่างกันออกไป เช่น บางคนอาจแสดงออกโดยใช้ภาพหรือบางคนอาจใช้สัญลักษณ์ควบคู่กับภาพ แต่ในการเรียนวิชาเคมีนั้นนักเรียนจะต้องฝึกการใช้รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกในทุกประเภท เนื่องจากในวิชาเคมีเป็นวิชาที่ต้องอาศัยแบบจำลองในหลายประเภทเพื่อใช้ในการทำความเข้าใจและสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจในสิ่งที่เราเข้าใจ

แบบจำลองในเรื่องพันธะเคมี

เคมีเป็นวิชาหนึ่งที่เนื้อหามีความเป็นนามธรรมซึ่งจะศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร โดยในการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับโมเลกุลหรือในระดับอะตอมที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือสังเกตได้โดยตรง ดังนั้นการที่เราจะอธิบายถึงลักษณะของสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารจึงทำให้เกิดความยุ่งยากเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวนักเคมีจึงได้พยายามสร้างแบบจำลองทางเคมีขึ้นมา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการสังเกตและแสดงถึงแนวคิดที่พยามยามอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในระดับมหภาคและระดับจุลภาคโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทราบแล้ว (Jasti and Gilbert, 2002) นักเคมีได้พยามยามอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีให้อยู่ในลักษณะของรูปธรรมซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ สมการทางคณิตศาสตร์และภาษาหรือคำอธิบาย แต่ในบางครั้งก็จะใช้การแทนด้วยสัญลักษณ์ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นภาษาทางเคมี เช่น สัญลักษณ์ของธาตุหรือสูตรเคมีของสารประกอบ เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความรู้ทางเคมีนั้นจะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่นักเคมีสร้างขึ้นและสื่อสารให้คนอื่นทราบโดยใช้แบบจำลองในหลาย ๆ รูปแบบ นอกจากนั้นแล้วแบบจำลองยังช่วยให้นักเคมีประสบความสำเร็จในการทำนายพฤติกรรมของสสารและการจัดเรียงตัวของอะตอมและโมเลกุลภายในโครงสร้าง ดังนั้นแบบจำลองจึงกลายเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาทางเคมี (Jasti and Gilbert, 2002) รวมทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองก็จัดว่าเป็นหัวใจสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการศึกษาเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีนั้นโดยทั่วไปแล้วจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วนย่อย ตามลักษณะของการเกิดพันธะเคมี ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์และพันธะโลหะ (สสวท., 2547: 83-162) ซึ่งในแต่ละเรื่องนั้นจะมีการนำแบบจำลองทางเคมีมาใช้ในการอธิบายให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาพันธะเคมีในหลายรูปแบบ เช่น ในการเกิดพันธะไอออนิกใช้แบบจำลองแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า (Electrostatic model) การทำนายรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ใช้แบบจำลอง VSEPR หรือการนำไฟฟ้าของโลหะจะอธิบายโดยใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน (Sea of electrons) เป็นต้น นอกจากจะใช้แบบจำลองที่เป็นภาษาแล้วในการศึกษาเรื่องพันธะเคมียังมีการนำสัญลักษณ์มาใช้ในการอธิบายเช่นกัน เช่น การเขียนชื่อสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ด้วย NaCl หรือการอธิบายการเกิดพันธะของ H_2O ซึ่งสารประกอบโคเวเลนต์ด้วยการเขียนสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส หรือ อาจใช้แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม เช่น นำแบบจำลองลูกปิงปองมาอธิบายโครงผลึกของสารประกอบไอออนิก นอกจากนี้ยังใช้แผนภาพหรือภาพในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานของการเกิดและการละลายของสารประกอบไอออนิก เป็นต้น

แบบจำลองความคิด

ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเป็นคำที่ผู้วิจัยแปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า “Mental models” ซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Vosniadou (1994 cited in Harrison and Treagust, 1996: 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของความคิดในลักษณะพิเศษ ซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการรับรู้จากประสาทสัมผัสของแต่ละบุคคล โดยในการศึกษาของ Vosniadou นั้นได้ตีความหมายของแบบจำลองความคิดว่าความคิด

Harrison and Treagust (1996: 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการอธิบาย เพื่อทำความเข้าใจในแนวคิดของแต่ละบุคคล

Barquero (1995 อ้างใน Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นการแสดงออกของการรับรู้ชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ภายใน ไม่สมบูรณ์ มีความคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ไม่ปะติดปะต่อ ซึ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นความเข้าใจในหลายแง่มุมของแต่ละบุคคล และใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบาย การทำนาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยอาศัยประสบการณ์เดิม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Johnson-Laird (1983 อ้างใน Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นการแสดงออกในการอุปมาอุปไมยของความจริงของแต่ละบุคคล ซึ่งแบบจำลองจะเป็นตัวเลือกในการอธิบายถึงสถานการณ์ โดยการรับรู้หรือจินตนาการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ภายนอกกับสิ่งที่อยู่ภายในความคิด แล้วแสดงออกสู่ภายนอกแทนสถานการณ์นั้น ๆ

Greca and Moreira (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคล ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสร้างขึ้นภายในเพื่อเรียนรู้ อธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ

Buckley and Boulter (2000: 120) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นสิ่งที่อยู่ภายในซึ่งแสดงถึงระบบของการรับรู้ในการใช้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยการบรรยาย อธิบาย ทำนาย และในบางครั้งเป็นสิ่งที่ควบคุมระบบของการรับรู้

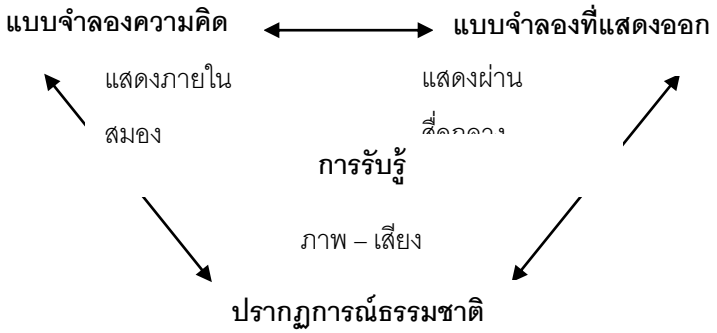
Norman (1983) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นระบบเป้าหมาย ซึ่งกลุ่มประชาคมหรือแต่ละบุคคลสร้างขึ้นเพื่อพยายามใช้ในการเรียนรู้แบบจำลองแนวคิด ซึ่งเป็นระบบที่สร้างโดยนักวิทยาศาสตร์หรือครูที่คิดว่ามีลักษณะที่เหมาะสม ถูกต้อง มีความคงที่และสมบูรณ์ โดยแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจะได้รับอิทธิพลมาจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคลและสถานการณ์เป้าหมายหรือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

แบบจำลองความคิดมีความหมายได้หลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาแต่ละท่านว่ามีมุมมองอย่างไร แต่จากความหมายของแบบจำลองความคิดที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านได้ให้ไว้นั้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองความคิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับคำว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์มาก ดังที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาบางท่านใช้คำว่าแนวคิดเป็นตัวแทนของแบบจำลองความคิด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงตีความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นภาพสะท้อนถึงจินตนาการ ระบบ รูปแบบ และโครงสร้างทางความคิด ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ โดยจะแสดงออกมาในรูปของภาษา การเขียน การใช้สัญลักษณ์ การวาดภาพ และการสร้างแบบจำลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ของแบบจำลองความคิด แบบจำลองที่แสดงออกและปรากฏการณ์

แบบจำลองความคิดเป็นสิ่งที่อยู่ภายในซึ่งจะแสดงถึงความคิดของแต่ละบุคคล แบบจำลองความคิดจะใช้ในการแสดงเหตุผลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ รวมทั้งการบรรยาย การอธิบาย การทำนายปรากฏการณ์และในบางครั้งก็จะเป็นตัวควบคุมกระบวนการดังกล่าว (Buckley and Boulter, 2000) แบบจำลองความคิดจะแสดงออกมาภายนอกให้บุคคลอื่นรับรู้และเข้าถึงได้โดยผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก ดังนั้นแบบจำลองที่แสดงออกจึงเป็นสื่อกลางที่ใช้ในการสื่อสารของแบบจำลองความคิด ความสัมพันธ์ของแบบจำลองความคิด แบบจำลองที่แสดงออกและปรากฏการณ์อธิบายได้ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการปฏิสัมพันธ์ของแบบจำลองกับปรากฏการณ์
ที่มา: Buckley and Boulter (2000)

แบบจำลองความคิดในภาพที่ 2.1 จะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีการรับรู้ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นภาพหรือเสียงผ่านทางหน่วยรับรู้ประสาทสัมผัสจะทำให้บุคคลนั้นพยายามทำความเข้าใจถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างเป็นภาพเกิดขึ้นภายในสมองและในขณะเดียวกันแบบจำลองความคิดของบุคคลนั้นก็จะมีอิทธิพลต่อการรับรู้ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเช่นกัน นั่นก็คือการสร้างความหมายของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันออกไป จากนั้นแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นก็จะสร้างเป็นแบบจำลองที่แสดงออกผ่านสื่อกลาง เช่น ภาษา การเขียนหรือการวาดภาพ เพื่อสื่อสารแบบจำลองความคิดออกมายังภายนอก และในขณะเดียวกันแบบจำลองที่แสดงออกก็จะเป็นสิ่งแทนลักษณะของปรากฏการณ์ที่ถูกเลือกให้แสดงออก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองความคิดจะทำหน้าที่อยู่ 2 ประการด้วยกัน คือ ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและสร้างแบบจำลองที่แสดงออก (Buckley and Boulter, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี

แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน

แบบจำลองความคิดของนักเรียนจะสร้างขึ้นมาจากประสบการณ์และนักเรียนจะใช้แบบจำลองความคิดนี้ในการตีความหมายและการอธิบายปรากฏการณ์ในทางเคมี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองความคิดของนักเรียนจะเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความเข้าใจของนักเรียนในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสสารในระดับจุลภาคเนื่องจากในระดับนี้เป็นระดับที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่ง่ายไม่ซับซ้อน (Treagust, Chittleborough and Mocerino, 2004; Coll and Treagust, 2001a; 2003a; Coll and Taylor, 2002; Coll, 2008) เช่น นักศึกษาในระดับปริญญาเอกใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน (Sea of electron) อธิบายการนำไฟฟ้าของลวดทองแดง ทั้ง ๆ ที่ในระดับนี้ควรอธิบายด้วยทฤษฎีแถบแม่เหล็ก (Band theory) (Coll and Taylor, 2002; Coll and Treagust, 2003b) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาบางคนชอบที่จะแสดงออกถึงแบบจำลองของอะตอมและโมเลกุลในลักษณะที่เป็นภาพไม่ปะติดปะต่อ ไม่ชัดเจนและมีโครงสร้างที่เป็นรูปธรรม (Harrison and Traeagust, 1996) และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีทักษะในการสร้างแบบจำลองความคิด (Williamson and Abraham, 1995)

แบบจำลองความคิดของนักเรียนเกิดจากความคิด ประสบการณ์ ภาพจินตนาการแบบจำลองหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนเคยมีประสบการณ์ ดังนั้นครูจึงต้องให้ความสำคัญกับแบบจำลองความคิดของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนจะนำไปใช้ในการสร้างความเข้าใจและแนวคิดใหม่ นักเรียนส่วนมากจะใช้แบบจำลองความคิดที่ง่ายไม่ซับซ้อนในการทำงานหรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนทั้ง 3 ระดับ คือ ในระดับมัธยมศึกษา อุดมศึกษาและบัณฑิตศึกษา ชอบที่จะใช้แบบจำลองความคิดอย่างง่ายและประสบการณ์ในชีวิตจริงมาอธิบายการเกิดพันธะเคมี (Coll and Taylor, 2002; Coll, 2008) เช่น นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายการเกิดพันธะ ไอออนิกด้วยแบบจำลองแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า (Electroststic model) ในขณะที่นักเรียนบางคนอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ว่าเกิดจากการให้และรับอิเล็กตรอนของโซเดียมกับคลอรีนแล้วทำให้รวมกันด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าแต่ก็จะมีแรงผลักกันเกิดขึ้นด้วยเนื่องจากอนุภาคอยู่ชิดกันมาก (Coll and Treagust, 2001a; 2001b; Coll, 2008) นักเรียนส่วนใหญ่ใช้กรอบแนวคิดของกฎออกเตต (Octet rule) อธิบายการเกิดพันธะในคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) และไอโอดีน (I_2) ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ แต่ในขณะเดียวกันนักเรียนระดับมัธยมศึกษาอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลของไอโอดีนได้ไม่ชัดเจน โดยบอกได้เพียงว่าเป็นพันธะโคเวเลนต์แท้ (Pure covelent) และเขียนสัญลักษณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไอโอดีนแทนด้วยจำนวน I 2 ตัว แต่ไม่มีอะไรเชื่อมต่อระหว่างสัญลักษณ์ (Coll and Treagust, 2002; Coll and Taylor, 2002; Coll, 2008) นักเรียนส่วนใหญ่ใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน (Sea of electron) อธิบายการเกิดพันธะของโลหะแต่ยังมีนักเรียนระดับมัธยมศึกษาบางส่วนสับสนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เช่น อธิบายว่าอิเล็กตรอนจะวิ่งไปรอบ ๆ และถูกดึงดูดด้วยประจุบวกที่อยู่ตรงกลาง นอกจากนั้นนักเรียนยังอธิบายพันธะที่อยู่ภายในเหล็กกล้ากับพันธะในอะลูมิเนียมเกิดขึ้นเหมือนกันและเป็นพันธะชนิดเดียวกัน ในขณะเดียวกันนักเรียนบางคนพยายามอธิบายการเกิดพันธะในอะลูมิเนียมด้วยกฎออกเตตโดยการเขียนสัญลักษณ์อะลูมิเนียม (Al) 2 อะตอม และอธิบายการเกิดพันธะด้วยการเขียนจุดและเครื่องหมายกากบาทแทนจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 3 คู่ (Coll and Treagust, 2001a; 2003b; Coll, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Taber (2003) รายงานว่ามีนักเรียนบางคนอธิบายการเกิดพันธะภายในเหล็กด้วยแบบจำลองอนุภาคของของแข็งที่ยึดกันด้วยพันธะโคเวนต์ ในขณะที่บางคนอธิบายว่าเป็นพันธะไอออนิก แต่บางคนอธิบายว่าพันธะภายในเหล็กมีทั้งพันธะไอออนิกและโคเวเลนต์ นอกจากนั้นนักเรียนยังอธิบายว่าการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโลหะเกิดจากโลหะต้องการให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปดเหมือนแก๊สเฉื่อย

สรุปได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดในเรื่องพันธะเคมีที่ง่ายไม่ซับซ้อนและชอบที่จะใช้แบบจำลองความคิดที่เคยมีมาก่อนหน้านี้มาใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี ยกตัวอย่างเช่น นักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยยังคงใช้แบบจำลองแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า (Electroststic model) ที่เคยเรียนในระดับมัธยมศึกษามาใช้อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกเหมือนเดิม ถึงแม้ว่านักเรียนในระดับมหาวิทยาลัยจะมีประสบการณ์และแนวคิดที่เป็นนามธรรม รวมทั้งได้ศึกษาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นก็ตาม อีกประเด็นหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจนคือแบบจำลองความคิดของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดทางเลือก (Alternative conceptions) เกิดขึ้นในเรื่องพันธะเคมี ดังนั้นแบบจำลองความคิดจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในวิชาเคมี เนื่องจากนักเรียนจะต้องใช้ในการทำนาย (Norman, 1983) การตรวจสอบความคิดใหม่และการแก้ปัญหา (Bodner and Domin, 2000)

แนวคิดทางเลือกของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะเคมี

แนวคิดทางเลือก (Alternative conceptions) เป็นคำตอบหรือคำอธิบายแนวคิดที่แสดงถึงความเชื่อหรือความรู้ ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง คลุมเครือ สับสน ไม่มีเหตุผลเพียงพอ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 61) ซึ่งนักเรียนจะแสดงออกมาอย่างชัดเจนหลังจากการสร้างแบบจำลองหรือทฤษฎี (Boo, 1998) อันปราศจากพื้นฐานซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับโดยกลุ่มประชาคมของนักวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในปัจจุบัน (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544; Boo, 1998; Nicoll, 2001) นอกจากนี้ Nicoll (2001) ยังมองว่าแนวคิดทางเลือกของนักเรียนเป็นโครงสร้างทางความรู้ที่ไม่คงที่

เคมีเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีความสำคัญและเป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์สาขาวิชาอื่น ๆ แต่นักเรียนส่วนมากมักจะมองว่าเคมีเป็นวิชาที่ยาก (Taber and Coll, 2002) และน่าเบื่อหน่าย อาจจะเนื่องมาจากแนวคิดในวิชาเคมีส่วนใหญ่เป็นนามธรรมและภาษาที่ใช้แตกต่างจากภาษาของนักเรียนที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; Ozmen, 2004) รวมทั้งมีการใช้สัญลักษณ์และแบบจำลองต่าง ๆ มากมาย (Taber and Coll, 2002) ส่งผลให้นักเรียนทำความเข้าใจได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญและเป็นพื้นฐานของการเรียนเคมีเรื่องอื่น ๆ เช่น เคมีอินทรีย์ กรด-เบส ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นต้น เนื้อหาของพันธะเคมีจะกล่าวถึงการสร้างพันธะของสารและสมบัติของสารประกอบที่เกิดจากพันธะแต่ละชนิด เช่น พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ นักเคมีจะอธิบายการเกิดพันธะและสมบัติของสารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของอะตอม โมเลกุล ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค (Microscopic) ที่มีอยู่จริงแต่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นนักเรียนจึงต้องพยายามสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมา เพื่อสื่อสารระหว่างการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคกับระดับมหภาค (Macroscopic) โดยการสื่อความหมายด้วยสัญลักษณ์ (Symbolic) โดยทั่วไปแบบจำลองความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นมักจะไม่สอดคล้องกับแบบจำลองของนักเคมี ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกในเรื่องพันธะเคมีเกิดขึ้นในหัวข้อพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ ดังนี้

นักเรียนมีแนวคิดว่าพันธะไอออนิกเป็นพันธะที่อ่อน (Coll and Taylor, 2001; Ozmen, 2004) ประกอบไปด้วยธาตุเพียง 2 ชนิดเท่านั้น (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) ไอออนบวกมีขนาดใหญ่กว่าไอออนลบ (Coll and Taylor, 2001; Coll and Treagust, 2003a; Unal *et al*. 2006) ในขณะที่นักเรียนบางคนมีแนวคิดว่าพันธะไอออนิกเกิดจากโลหะทำปฏิกิริยากับอโลหะ (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543; Boo, 1998) เกิดจากมีการให้และรับอิเล็กตรอนเท่านั้น (Unal *et al*. 2006) ซึ่งการให้และรับอิเล็กตรอนในการเกิดพันธะไอออนิกนั้นจะเกิดขึ้นได้เองตามกฎออกเตต (Coll and Treagust, 2003a) นอกจากนั้นนักเรียนยังมีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกว่าเป็นผลึกที่อยู่เป็นโมเลกุลเดี่ยว ๆ (Coll and Taylor, 2001; Ozmen, 2004; Unal *et al*. 2006) รูปร่างและโครงสร้างผลึกที่เกิดขึ้นมีผลมาจากความดัน (Coll and Taylor, 2001; Ozmen, 2004) ในขณะเดียวกันนักเรียนยังมีแนวคิดว่าสารประกอบไอออนิกมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (Coll and Taylor, 2001; Ozmen, 2004) ในสถานะของเหลว การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างอิสระ (Coll and Treagust, 2003a)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ในประเด็นของกฎออกเตต เช่น การเกิดพันธะโคเวเลนต์เป็นการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ ๆ เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปดเท่านั้น (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) ถ้ามีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่าใดก็จะเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้เท่านั้น (Peterson *et al*. 1989) ประเด็นรูปร่างโมเลกุล เช่น รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่านั้น (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) รูปร่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเท่านั้น (Ozmen, 2004; Unal *et al*. 2006) หรือแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่านั้น (Ozmen, 2004; Unal *et al*. 2006) ประเด็นสภาพขั้วของพันธะ เช่น พันธะโคเวเลนต์ทุก ๆ พันธะจะมีการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่า ๆ กันเสมอ (Ozmen, 2004) อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมีผลต่อตำแหน่งของอิเล็กตรอนร่วมพันธะและใช้หาสภาพขั้วของพันธะ (Ozmen, 2004) ประเด็นสภาพขั้วของโมเลกุล เช่น รูปร่างโมเลกุลไม่มีผลต่อสภาพขั้วของโมเลกุล (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) โมเลกุลที่ไม่มีขั้วเกิดจากอะตอมในโมเลกุลมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีใกล้เคียงกัน (Ozmen, 2004) และประเด็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เช่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงภายในโมเลกุล (Peterson *et al*. 1989; Unal *et al*. 2006) เมื่อสารเปลี่ยนรูปร่างจะทำให้พันธะโคเวเลนต์ถูกทำลาย (Unal *et al*. 2006) สารที่มีโครงผลึกร่างตาข่ายจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรง (Peterson *et al*. 1989; Unal *et al*. 2006) พันธะโคเวเลนต์ไฮโดรเจนแข็งแรงกว่าพันธะโคเวเลนต์ (Barker and Millar, 2000; Nicoll, 2001)

นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกของการเกิดพันธะโลหะว่าเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกที่อยู่ตรงกลางกับประจุลบ (Coll and Treagust, 2003b) มีพันธะไอออนิกในโลหะ (Taber, 2003) มีพันธะโคเวเลนต์ในโลหะ (Taber, 2003) หรือมีทั้งพันธะไอออนิกและพันธะโคเวเลนต์ (Taber, 2003) ในขณะที่บางคนคิดว่ามีแรงยึดเหนี่ยวบางชนิดในโลหะแต่ไม่ใช่การเกิดพันธะอย่างสมบูรณ์ (Taber, 2003) เป็นพันธะที่อ่อน (Ozmen, 2004) การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโลหะเกิดจากโลหะต้องการให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปด (Taber, 2003) ในโมเลกุลของไอโอดีนมีพันธะโลหะ (Coll and Treagust, 2003b) หรืออัลลอยด์ก็มีพันธะโลหะเช่นกัน (Coll and Treagust, 2003b; Taber, 2003) ผลึกของโลหะมีลักษณะเป็นโมเลกุลที่ต่อเนื่องกัน (Coll and Taylor, 2001) นอกจากนั้นนักเรียนยังคิดว่าสมบัติของโลหะ เช่น การนำไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่อย่างอิสระของอิเล็กตรอนเนื่องจากได้รับความดัน (Coll and Treagust, 2003b)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางเลือกในเรื่องพันธะเคมี ในทั้ง 3 หัวข้อ คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นที่เป็นแนวคิดสำคัญของแต่ละหัวข้อ เช่น การเกิดพันธะ โครงสร้างผลึกหรือรูปร่างโมเลกุลและสมบัติของสาร ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการสร้างและการพัฒนาแบบจำลองความคิดในเรื่องพันธะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เคมีของนักเรียนทั้ง 3 หัวข้อ ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและในการตรวจสอบการสร้างและการพัฒนาแบบจำลองความคิดของนักเรียนนั้น จากการตรวจเอกสารพบว่าสามารถใช้ได้หลายวิธีทั้งที่เป็นแบบวัด การพูดคุย หรือการตรวจจากผลงานที่นักเรียนได้สร้างขึ้นในระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน

การวัดแบบจำลองความคิด

เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นสิ่งที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือไม่ชัดเจน ซึ่งมีผลมาจากความเชื่อของแต่ละบุคคลและเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนของแนวคิดหรือปรากฏการณ์ (Harrison and Treagust, 1996; Greca and Moreira, 2000) ดังนั้นแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลจึงจะสังเกตได้จากการสร้างความหมายของแต่ละคนผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออกหรือการอธิบายด้วยภาษา (Buckley and Boulter, 2000; Franco and Colinvaux, 2000) ซึ่งแหล่งข้อมูลของแบบจำลองที่แสดงออกนั้น อาจจะหมายถึงสิ่งต่อไปนี้คือ สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้น เช่น สมุดบันทึกของนักเรียน (Franco and Colinvaux, 2000) บันทึกประจำวันของนักวิทยาศาสตร์ (Franco and Colinvaux, 2000) แผนภาพที่ผู้เรียนสร้างขึ้น (Coll and Treagust, 2001a) วารสารที่ตีพิมพ์ของนักวิทยาศาสตร์ (Franco and Colinvaux, 2000) การแสดงออกถึงความชอบในการเลือกภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (Harrison and Treagust, 1996; 2000; Coll and Treagust, 2001a; 2003a; 2003b; Coll, 2008) การเขียนตอบสั้น ๆ หรือการเขียนเรียบเรียงในการตอบคำถาม (Williumson and Abraham, 1995; Eilam, 2004; Ogan-Bekiroglu, 2007) และการบรรยายหรือการอธิบายปากเปล่าในขณะที่ให้สัมภาษณ์ (Harrison and Treagust, 1996; 2000; Coll and Treagust, 2001a; 2002; 2003a; 2003b; Coll, 2008) เนื่องจากแบบจำลองความคิดมีลักษณะที่ซับซ้อนไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดจึงต้องใช้ข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งมาประกอบกัน เพื่อให้ข้อมูลของแบบจำลองความคิดที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด

จากลักษณะของแบบจำลองความคิดและการแสดงออกของแบบจำลองความคิดตามที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ในการวัดแบบจำลองความคิดนั้นจะวัดโดยการตีความจากแบบจำลองที่แสดงออกของนักเรียน เช่น การเขียนตอบ บันทึกต่าง ๆ แบบจำลองประเภทต่าง ๆ การวาดภาพ และการสัมภาษณ์ โดยประเด็นสำคัญก็คือต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งมาประกอบกัน ในการวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยระยะที่ 1 เลือกวัดแบบจำลองความคิดด้วยวิธีการเขียนตอบและการวาดภาพ ส่วนในงานวิจัยระยะที่ 2 ใช้วิธีการเขียนตอบ การสัมภาษณ์ บันทึกกิจกรรมและแบบจำลองประเภทต่าง ๆ ที่นักเรียนสร้างขึ้นในขณะที่อยู่ในชั้นเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดของผู้เรียนสามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือที่นักวิจัยนำมาใช้ในการวัดแบบจำลองความคิดนั้นมีดังต่อไปนี้ คือ แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open – ended questions) วิธีนี้ส่วนมากแล้วจะให้วาดภาพและเขียนบรรยายประกอบร่วมด้วย การสัมภาษณ์โดยใช้คำถามตะล่อม (Interviews with probing questions) วิธีนี้โดยปกติแล้วจะให้วาดภาพและเขียนบรรยายเพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมประกอบ (Interviews with pictorial or concrete models) วิธีการนี้จะเป็นการล้วงความคิดโดยให้แสดงออกมาผ่านการเลือกรูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมซึ่งประกอบการสัมภาษณ์โดยใช้ปัญหา (Interviews with problems presented) วิธีการนี้จะใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ประกอบการสัมภาษณ์ และการสังเกตในห้องเรียน (Classroom observations) วิธีการนี้จะเข้าไปสังเกตสถานการณ์ภายในห้องเรียน ซึ่งเครื่องมือในการวัดแบบจำลองความคิดแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามชนิดปลายเปิด

โดยทั่วไปแล้ววิธีการตอบคำถามจะมีรูปแบบจะคล้ายกับคำถามในการสัมภาษณ์ ซึ่งการใช้แบบสอบถามปลายเปิดจะทำให้ได้ข้อมูลมากกว่าการตอบแบบสอบถามชนิดปลายปิด หากผู้เรียนสมัครใจหรือเต็มใจในการตอบ เนื่องจากการใช้แบบสอบถามปลายปิดนั้นผู้วิจัยไม่สามารถที่จะตะล่อมเพิ่มเติมเมื่อคำตอบหรือเหตุผลของผู้เรียนไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามทั้งการใช้แบบสอบถามชนิดเลือกตอบและแบบสอบถามชนิดปลายเปิดนั้น สามารถที่จะใช้ในการล้วงความคิดในตอนเริ่มต้นของผู้เรียนได้เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาไปเป็นคำถามในการสัมภาษณ์ (Ogan - Bekiroglu, 2007) โดยส่วนมากแล้วในการสำรวจแบบจำลองความคิดจะใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เป็นแหล่ง ข้อมูลหลักเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ในการสัมภาษณ์ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ถูกสัมภาษณ์นั้น จะทำให้มีการปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม โดยที่ผู้สัมภาษณ์ที่จะใช้คำถามตะล่อมเพิ่มเติมได้หรือปรับเปลี่ยนคำถามได้อาศัยจากพื้นฐานของคำตอบจากผู้ถูกสัมภาษณ์

2. การสัมภาษณ์โดยใช้คำถามตะล่อมและการวาดภาพ

การสัมภาษณ์จะสามารถทำให้ผู้วิจัยล้วงแบบจำลองความคิดผู้เรียนของระบบเป้าหมายได้ ยกตัวอย่างเช่น โครงสร้างของอะตอมหรือพันธะเคมีโดยใช้การตะล่อมด้วยคำถาม ผู้วิจัยสามารถที่จะตะล่อมถึงรายละเอียดของแบบจำลองความคิดผู้เรียนได้ อาทิเช่น การถามผู้เรียนเพื่อให้อธิบายถึงความคิดเกี่ยวกับทะเลอิเล็ตรอน (Sea of electrons) ในขณะที่กำลังอธิบายถึงการเกิดพันธะโลหะ (Taber, 2003) โดยปกติแล้วจะใช้การวาดภาพควบคู่ไปกับการสัมภาษณ์ เนื่องจากหากเลือกใช้เพียง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการใดวิธีการหนึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลแบบจำลองความคิดของผู้เรียนค่อนข้างจำกัด รวมทั้งการใช้ควบคู่กันทั้ง 2 วิธีจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความตรงและความเที่ยงมากขึ้นอีกด้วย เนื่องจากเมื่อวาดภาพแล้วอาจจะสัมภาษณ์เพิ่มเติมโดยถามว่าเพราะเหตุใดผู้เรียนจึงวาดภาพหรือเขียนออกมาในลักษณะเช่นนี้ (White and Gunstone, 1992) ประโยชน์ของวิธีการนี้ก็คือสามารถที่จะล้วงแบบจำลองที่แสดงออกของผู้เรียนได้โดยตรงจากการวาดภาพว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับปรากฏการณ์ของสิ่งที่มีขนาดเล็กมากซึ่งมองไม่เห็น ยกตัวอย่าง เช่น วาดภาพอะตอมหรือวาดภาพไอออนแสดงการเกิดพันธะ (Harrison and Treagust, 2000; Coll and Treagust, 2002; 2003a; 2003b; Coll, 2008) หรืออนุภาคของสารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง (Williumson and Abraham, 1995) อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้ก็มีข้อจำกัดสำหรับผู้เรียนบางคนเนื่องจากทำให้มีความรู้สึกกดดันเพราะจะต้องทั้งอธิบายและวาดภาพประกอบด้วย

3. การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมประกอบในการเลือก

การสัมภาษณ์ด้วยวิธีนี้เป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งในการตะล่อมผู้เรียนเพื่อดูถึงความเข้าใจที่ลึกซึ้งของผู้เรียนเกี่ยวกับแบบจำลองหรือแนวคิดที่มีความเฉพาะเจาะจงโดยการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเลือกแบบจำลองที่ตนเองชอบ ที่เคยเห็นหรือที่เคยได้ยินในห้องเรียนจากแบบจำลองที่กำหนดให้ และส่วนใหญ่แล้วแบบจำลองที่นำมาใช้ประกอบในการสัมภาษณ์นั้นจะคัดเลือกมาจากหนังสือเรียนหรือสื่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ จากนั้นจะใช้คำถามตะล่อมให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงเหตุผลในการเลือกแบบจำลองว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองความคิดของผู้เรียนอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนเลือกแบบจำลองโมเลกุลของน้ำระหว่างแบบจำลองชนิด space-filling และ ball-stick (Harrison and Treagust, 1996) หรือให้นักเรียนเลือกแบบจำลองของอะตอม (Harrison and Treagust, 1996; Coll and Treagust, 2001a) หรือให้นักเรียนเลือกแบบของการเกิดพันธะเคมี (Coll and Treagust, 2001a, 2003a, Coll, 2008)

4. การสัมภาษณ์โดยใช้ปัญหา

วิธีการสัมภาษณ์ 2 วิธี ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะมุ่งประเด็นไปที่การตรวจสอบแบบจำลองความคิดของผู้เรียนในส่วนที่เป็นเนื้อหา (Harrison and Treagust, 1996; Taber, 2003) แต่ถ้าต้องการล้วงแบบจำลองความคิดของผู้เรียนว่าผู้เรียนมีการนำเอาแบบจำลองความคิดไปใช้ในการทำนายและอธิบายปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไรนั้นในงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าจะนิยมใช้อยู่ 2 เทคนิคด้วยกัน คือการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ (Interview-about-events; IAE) และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย (Prediction-observation-explanation; POE) ซึ่งในแต่ละเทคนิค มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์

การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดที่มีความจำเพาะเจาะจงด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์หรือชุดของแผนภาพประกอบในการสัมภาษณ์ ซึ่งจะเริ่มจากการแสดงแผนภาพเกี่ยวกับปัญหาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สนใจให้กับผู้เรียนดู จากนั้นให้ผู้เรียนประเมินและแสดงเหตุผลภายใต้เงื่อนไขของปัญหาหรือบริบทนั้น ๆ รวมทั้งให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงความเข้าใจและแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในการศึกษาแบบจำลองความคิดที่เกี่ยวกับพันธะโลหะซึ่งให้ผู้เรียนอธิบายถึงความสามารถการนำไฟฟ้าของลวดทองแดงโดยเปรียบเทียบกับแท่งแก้วและให้อธิบายสมบัติความเป็นโลหะ (Coll and Treagust, 2003b) จากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถอธิบายสมบัติดังกล่าวได้โดยใช้แบบจำลองแนวคิดที่มีความคุ้นเคยมาใช้ในการอธิบาย เช่น แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการอธิบายและความเข้าใจที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นมีค่อนข้างจำกัด (Coll and Treagust, 2001a, 2003b, Coll, 2008)

4.2 การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย

การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน โดยในขั้นตอนแรกให้ผู้เรียนได้ทำนายถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดก่อนการทำกิจกรรมพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ หลังจากนั้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือสาธิตให้ดูแล้วให้สังเกตถึงสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดและให้อธิบายว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร สุดท้ายให้ผู้เรียนอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้กับสิ่งที่สังเกตเห็นและให้อธิบายถึงเหตุผล เทคนิคนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงแบบจำลองความคิดของผู้เรียนเท่านั้นแต่จะทำให้เห็นถึงการทำนายของเหตุการณ์ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวด้วย ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน (Chiu, Chou and Liu, 2002) โดยถามเพื่อให้นักเรียนทำนายพร้อมทั้งให้เหตุผลถึงสิ่งที่เกิดขึ้นว่านักเรียนจะสังเกตเห็นอะไร เมื่อนำหลอดทดลองที่มีสารละลายของ $Co(H_2O)_6^{2+}$ จุ่มลงในน้ำร้อน ในขณะที่ผู้เรียนกำลังสังเกตและอธิบายนั้นอาจจะใช้คำถามเพื่อถามนำก็ได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมีเพราะอะไรหรือสมดุลเคมีที่เกิดขึ้นเป็นสมดุลชนิดใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้การล้วงความคิดและความเข้าใจของนักเรียนเรื่องพันธะเคมีในงานวิจัยระยะแรก ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้วาดภาพแบบจำลองความคิดของพันธะเคมีพร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในระยะนี้มีจำนวนมากและเป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ส่วนงานวิจัยในระยะที่ 2 เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและบันทึกการสังเกตในห้องเรียน โดยแบบสอบถามที่ใช้นั้น ผู้วิจัยได้พัฒนามาจากข้อมูลของงานวิจัยที่ได้ในระยะแรก เหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือดังกล่าวในระยะที่ 2 เนื่องจากผู้วิจัยต้องการข้อมูลเชิงลึกของแบบจำลองความคิดนักเรียนรวมทั้งเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความตรงและความเที่ยง

การเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

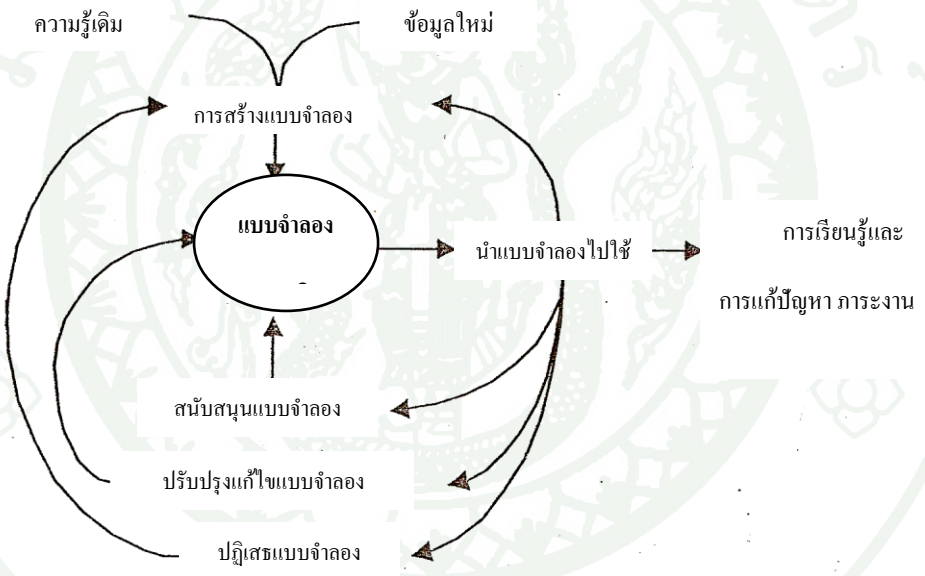
ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นมีอยู่หลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีความเหมาะสมกับในแต่ละเนื้อหา ดังนั้นในการวางแผนการสอนครูควรพิจารณาถึงเนื้อหาก่อนที่จะเลือกวิธีการสอน เพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ในเนื้อหาดังกล่าว การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นอกจากจะมุ่งให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว สิ่งที่สำคัญประการหนึ่งก็คือต้องให้นักเรียนเข้าใจถึงวิธีการสร้างและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่งวิธีการสอนหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถทำให้นักเรียนไปสู่เป้าหมายดังกล่าวได้คือการสอนและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based teaching and learning) และจากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมายังอีกพบว่า วิธีการสอนนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาแบบจำลองความคิด พัฒนาทักษะในการคิด และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Khan 2007; 2008a; 2008b) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาวิธีการสอนดังกล่าว เพื่อนำมาใช้พัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความหมายและลักษณะโดยทั่วไปของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เป็นวิธีเรียนซึ่งให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไข และการขยายแบบจำลองซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร (Buckley and Boulter, 2000) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อาจกล่าวได้ว่าเป็นอีกลักษณะหนึ่งของการเรียนรู้อันเนื่องมาจากนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะใช้สิ่งที่รู้แล้วหรือความรู้เดิมรวมเข้ากับข้อมูลใหม่และจะขยายความรู้ของตนเองเพิ่มมากขึ้น กระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 2.2 คือแบบจำลองความคิดจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยการรวมกันของความรู้ซึ่งมาจากหลาย ๆ แหล่ง เช่น จากประสบการณ์ตรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากสื่อที่จำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ แบบจำลองที่ครูแสดงออกในขณะที่อยู่ในห้องเรียนหรือข้อมูลใหม่ นักเรียนจะใช้แบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นมานี้ในการสร้างแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งสามารถแสดงออกมาสู่ภายนอกได้ในหลายรูปแบบ เช่น ภาษาหรือลักษณะท่าทางจากนั้นนักเรียนจะนำแบบจำลองความคิดนี้ไปใช้ในการทำความเข้าใจและประเมินแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งสร้างขึ้นมาด้วยการตรวจสอบแบบจำลองโดยการบรรยาย การอธิบาย การทำนายปรากฏการณ์เฉพาะ ซึ่งถ้าแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง นักเรียนจะหาสาเหตุว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้มีอะไรผิดหรือจะเปลี่ยนแปลงแบบจำลองอย่างไร ต้องการปรับปรุงแก้ไขหรือขยายแบบจำลองหรือไม่หรือจะปฏิเสธแบบจำลองเดิมแล้วสร้างแบบจำลองใหม่ แต่ถ้าแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นมา เมื่อนำไปใช้แล้วประสบความสำเร็จตามที่คาดหวังไว้จะทำให้แบบจำลองนี้ได้รับการสนับสนุนและจะถูกเรียบเรียงรวบรวมไว้กลายเป็นส่วนของคลังแห่งความรู้ที่มั่นคงและแบบจำลองนี้จะถูกนำออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ที่มา: Buckley and Boulter (2000) .

สรุปได้ว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การทำกิจกรรมในห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองโดยอาศัยความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ จากนั้นนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้เพื่อประเมินแบบจำลอง ถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ได้ดีก็จะได้รับการสนับสนุน แต่ถ้าใช้ไม่ได้ผลอาจมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองใหม่หรือปฏิเสธแบบจำลองนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และขั้นตอนสุดท้ายคือการขยายแบบจำลองโดยนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

รูปแบบของการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนมาก (Buckley and Boulter, 2000; Gobert and Buckley 2002; Khan, 2007; 2008a; 2008b; Kenyon *et al*. 2008; Rea-Ramirez, Clement and Nunez-Oviedo, 2008) เนื่องจากวิธีการสอนนี้ทำให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองความคิด แนวคิดวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้และธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Khan 2007; 2008a; 2008b; Clement, 2008; Kenyon *et al*. 2008) ตลอดจนพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Kenyon *et al*. 2008) ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงได้พยายามพัฒนารูปแบบวิธีการสอนดังกล่าวเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ด้วยเหตุนี้วิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป ดังนี้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Gobert and Buckley (2000) ได้อธิบายขั้นการจัดการเรียนการสอนไว้เป็นลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองในขั้นนี้ครูทำได้เพียงสรุปอ้างอิงแบบจำลองความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบาย เนื่องจากแบบจำลองความคิดเป็นของแต่ละบุคคล

3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงานและสาเหตุของการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิดโดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบจากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมินในขั้นนี้นักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาอาจจะถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ

5. ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Rea-Ramirez *et al*. (2008) กล่าวว่าวิธีการสอนนี้เกิดขึ้นมาจากกระบวนการสร้างและการพัฒนาแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งจะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรเริ่มจากการสร้าง (Generation) การประเมิน (Evaluation) และการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modification) โดยในระหว่างที่มีการพัฒนาของการสร้างแบบจำลองนั้นจะเริ่มต้นจากแบบจำลองที่ยังไม่ถูกต้องและจะค่อยเปลี่ยนไปเป็นแบบจำลองที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องและสมบูรณ์ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับ Khan (2007; 2008a; 2008b) ที่กล่าวว่าวิธีการสอนนี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักรซึ่งมีอยู่ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง ในระหว่างขั้นตอนนี้ครูจะต้องให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ยกตัวอย่าง เช่น ครูถามว่าอุณหภูมิและมวลโมเลกุลของสารมีผลต่อความดันอย่างไร (Khan, 2008b) ซึ่งจากคำถามนี้จะทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิหรือมวลโมเลกุลกับความดันไอของสาร

2. การประเมินแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยที่ครูจะต้องใช้ข้อมูลในหลาย ๆ กลุ่มซึ่งแตกต่างกันมาให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลอง ยกตัวอย่าง เช่น นำข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความดันไอของสารมาให้นักเรียนประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในตอนแรก เพื่อเชื่อมต่อไปยังแบบจำลองของมวลโมเลกุลกับความดันไอและจุดเดือดของสาร (Khan, 2008b) ซึ่งข้อมูลจากการทดลองอาจไม่เป็นไปตามที่นักเรียนคาดไว้ ดังนั้นจะทำให้นักเรียนพยายามหาคำอธิบายถึงสิ่งที่เกิดและมีการแก้ไขแบบจำลอง

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง ยกตัวอย่าง เช่น แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของสารที่นักเรียนสร้างขึ้นในตอนแรกไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดจุดเดือดของสาร CH_3OH จึงมากกว่าจุดเดือดของสาร CH_3F แต่เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วนักเรียนบอกได้ว่าสิ่งที่มีผลต่อจุดเดือดของสารอีกอย่างหนึ่งคือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (Khan, 2008b)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการสร้างแบบจำลอง Clement (2008) และ Khan (2008b) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่านอกจากครูจะให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเองแล้ว ครูและนักเรียนยังสามารถสร้างแบบจำลองร่วมกัน (Co-construction) ขึ้นมาได้โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาตามความคิดของแต่ละบุคคล โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาในตอนแรกนี้จะมีทั้งความคิดที่ถูกต้องและความคิดที่ผิด แต่ครูจะใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมานี้เป็นจุดเริ่มต้นในการสนับสนุนให้เกิดการอภิปรายและปรับปรุงแก้ไขเพื่อสร้างแนวคิดขึ้นมาใหม่อย่างช้า ๆ โดยการใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ มาช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลอง เช่น กิจกรรมลงมือปฏิบัติ (Hands-on activities) การอุปมาอุปไมย (Analogies) เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกัน การสร้างแบบจำลองหรือการกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์ จนทำให้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นพัฒนาไปสู่แบบจำลองเป้าหมาย (Target model) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดเด่นของวิธีการสร้างแบบจำลองร่วมกันของนักเรียนและครูคือการอภิปรายภายกลุ่มและการใช้คำถามเพื่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด (Clement, 2008)

การเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Kenyon *et al*. (2008) มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตเห็น โดยครูจะต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่นักเรียนมีอยู่จริง ๆ แบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจจะเป็นการวาดภาพหรือการเขียนบรรยายก็ได้

2. การทดสอบแบบจำลอง ในขั้นนี้มีจุดประสงค์สำคัญคือเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นตอนแรกมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ ครูจะทำหน้าที่อธิบายและชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีหลักฐานและข้อมูลประกอบในการตรวจสอบความถูกต้อง

3. การประเมินแบบจำลอง ขั้นตอนนี้นักเรียนจะย้อนกลับมายังแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกเพื่อประเมินแบบจำลองหลังจากที่ได้นำไปทดสอบแล้ว โดยครูและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบบจำลอง เช่น ความชัดเจนถูกต้อง ความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ตรวจสอบแบบจำลองเปรียบเทียบกับแนวคิดอื่น ๆ ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง โดยนักเรียนอาจจะต้องค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นหรือนักเรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องกลับมาพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นแรกรวมทั้งประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ได้รับข้อมูลเพิ่มเติมจากขั้นที่ 4 โดยนักเรียนจะเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่มที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) ของชั้นเรียน ในระหว่างขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Kenyon *et al*. 2008)

6. การนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายหรืออธิบาย ในขั้นนี้นักเรียนจะนำแบบจำลองซึ่งเป็นมติของกลุ่มไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันโดยครูจะต้องทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

จากรูปแบบของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ได้กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่าในแต่ละรูปแบบก็มีลำดับขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามทั้งหมดนี้มีขั้นตอนหลักที่คล้ายคลึงกันคือมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองโดยนักเรียน การนำแบบจำลองไปใช้หรือการประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงหรือปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และการนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้อีกครั้ง ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่มีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะนำเอาจุดเด่นของแต่ละรูปแบบมารวมเข้าด้วยกันและใช้เป็นแนวทางในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง (Generation phase) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองขึ้นมาจากแบบจำลองความคิดของนักเรียน โดยครูใช้คำถามหรือสถานการณ์กระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมามากที่สุด

2. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluation phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยในขั้นตอนนี้ครูอาจจะใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ เช่น การสร้างแบบจำลอง การทดลอง การอุปมาอุปไมย การใช้เหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน ภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์หรือใช้ข้อมูลจากสื่อประกอบ

3. ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (Revise phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องกลับมาประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกอีกครั้งหนึ่งเพื่อพัฒนาแบบจำลองให้เป็นแบบจำลองมติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของกลุ่ม (Consensus model) โดยในขั้นนี้นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน รวมทั้งครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนในบางประเด็น

4. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายข้อมูลหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ในขั้นนี้ครูอาจจะชี้ให้นักเรียนได้เห็นถึงของเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการสร้างแบบจำลองร่วมกันของนักเรียนและครู (Co-construction) ตามแนวทางของ Clement (2008) เนื่องจากเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีในบางหัวข้อเป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นครูจึงอาจจะต้องให้ความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองขึ้นมาได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กระบวนทัศน์การตีความ (Interpretivist paradigm) เป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว ผู้วิจัยจะนำผลการวิจัยที่ได้ในระยะนี้มาใช้ประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีให้สอดคล้องกับบริบทที่ศึกษาต่อไป ส่วนการวิจัยในระยะที่ 2 เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี (Case study research) มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาในครั้งนี้ การที่ผู้วิจัยเลือกใช้การวิจัยศึกษาเฉพาะกรณีในระยะนี้ เนื่องจากการศึกษาด้วยวิธีนี้จะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลอย่างละเอียดและลุ่มลึกในประเด็นที่สนใจภายใต้ขอบเขตและบริบทที่ศึกษา (องอาจ นัยพัฒน์, 2551) ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของขั้นตอนการวิจัยในแต่ระยะเป็นลำดับ ดังนี้

การดำเนินการวิจัยระยะที่ 1

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 211 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 5 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

สิ่งที่ศึกษา

สิ่งที่ศึกษาในระยะที่ 1 คือ แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว ประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะนี้ คือ แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจแบบจำลองความคิดของนักเรียน โดยข้อคำถามบางข้อผู้วิจัยได้พัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างและแบบสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ของ Coll and Treagust (2001a; 2002; 2003a; 2003b) ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีใน 10 แนวคิดย่อย คือ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล สารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนของการสร้างดังนี้

1. ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความคิด และเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี โดยเอกสารที่ศึกษามีรายละเอียดดังนี้

1.1 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6) สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อนำไปเป็นกรอบในการสร้างข้อคำถาม

1.2 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีและสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปเป็นกรอบในการสร้างข้อคำถาม

1.3 เอกสารที่เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบบจำลองความคิดในแต่ละประเภท โดยพิจารณาจุดเด่นและข้อจำกัดของเครื่องมือแต่ละประเภทเพื่อเลือกเครื่องมือให้มีความเหมาะสมกับการวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนในเรื่องพันธะเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับเรื่องพันธะเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีและแนวคิดทางเลือกที่เกี่ยวกับเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนเพื่อนำมาสร้างเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี

2. ดำเนินการสร้างแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ชนิดข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี 3 แนวคิดหลัก คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ และประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดแนวคิดย่อย 10 แนวคิดของเรื่องพันธะเคมี

แนวคิด	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
การเกิดพันธะไอออนิก	พันธะไอออนิกเป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต (Electrostatic force) ระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ โดยทั่วไปพบในสารที่มีโลหะและอโลหะเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อเกิดพันธะไอออนิกโลหะจะมีแนวโน้มที่ให้อิเล็กตรอนได้ง่ายแล้วกลายเป็นไอออนบวกที่เสถียร ส่วนอโลหะมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนลบที่เสถียร	1 ข้อ (ข้อที่ 1)
โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	สารประกอบไอออนิกจัดเรียงตัวเป็นโครงผลึกที่มีรูปร่างแน่นอนประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบเรียงต่อเนื่องสลับกันไปทั้ง 3 มิติ โครงสร้างของผลึกจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน	1 ข้อ (ข้อที่ 2)
การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก	สารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า เนื่องจากไอออนบวกและไอออนลบที่เป็นองค์ประกอบในโครงผลึกยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรงทำให้ไอออนเคลื่อนที่ไม่ได้ แต่เมื่อนำผลึกไปทำให้หลอมเหลวหรือเป็นสารละลาย จะทำให้จะทำให้ไอออนบวกและไอออนลบที่เป็นองค์ประกอบในโครงผลึกเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทำให้นำไฟฟ้าได้ โดยไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบและไอออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกของขั้วไฟฟ้า	1 ข้อ (ข้อที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แนวคิด	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
การเกิดพันธะโคเวเลนต์	พันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมตั้งแต่ 2 อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ โดยทั่วไปอะตอมจะรวมกันด้วยอัตราส่วนที่ทำให้อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต	1 ข้อ (ข้อที่ 4)
รูปร่างโมเลกุล	- รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง ซึ่งสามารถทำนายรูปร่างโมเลกุลได้จากแบบจำลอง VSEPR - แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมีค่ามากกว่าแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมีค่ามากกว่าแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะในโมเลกุล	1 ข้อ (ข้อที่ 5)
สภาพขั้วของโมเลกุล	- พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีเท่ากันเป็นพันธะไม่มีขั้ว แต่ถ้าเกิดจากอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีไม่เท่ากันจะเป็นพันธะมีขั้ว - สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของพันธะและรูปร่างโมเลกุล	1 ข้อ (ข้อที่ 6)
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงยึดระหว่างอนุภาคของสารโคเวเลนต์ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค โดยพิจารณาได้จากจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสาร - แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้วเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมเรียกว่า แรงแวนเดอร์วาลส์ - พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่เกิดจากธาตุไฮโดรเจนกับอะตอมของธาตุที่มีขนาดเล็กและมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง	1 ข้อ (ข้อที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แนวคิด	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย	- สารโครงผลึกร่างตาข่ายเป็นสารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ อะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์ยึดเหนี่ยวกันทั้ง 3 มิติ เกิดเป็นโครงสร้างคล้ายตาข่าย มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงมาก - แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้เนื่องจากอะตอมของคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 4 อิเล็กตรอนแต่อะตอมของคาร์บอนในโครงผลึกของแกรไฟต์จะอิเล็กตรอนในการสร้างพันธะโคเวเลนต์ 3 พันธะกับอะตอมที่อยู่ใกล้เคียงจึงทำให้อะตอมของคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระเหลือหนึ่งอิเล็กตรอนซึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ได้อิสระภายในชั้น ดังนั้นจึงทำให้แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้ดีเฉพาะภายในชั้นเดียวกัน	1 ข้อ (ข้อที่ 8)
การเกิดพันธะโลหะ	พันธะโลหะเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเสมือนไอออนบวกของโลหะกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ เนื่องจากอะตอมของโลหะที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำจึงเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนบวกได้ง่าย เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระไปทั่วทั้งก้อนโลหะ ดังนั้นจึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวขึ้นซึ่งสามารถแสดงการเกิดพันธะในโลหะด้วยแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน	1 ข้อ (ข้อที่ 9)
การนำไฟฟ้าของโลหะ	การนำไฟฟ้าของโลหะสามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเสมือนไอออนบวกของโลหะกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอร์รีเข้าไปอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ภายในโลหะก็จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกของแบตเตอร์รีทำให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร	1 ข้อ (ข้อที่ 10)
	รวม	**10 ข้อ**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. นำแบบวัดที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ความตรงตามโครงสร้าง (Construct validity) ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และภาพที่ใช้ แล้วปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้ถูกต้อง โดยในขั้นมีรายละเอียดของการแก้ไขและปรับปรุงดังนี้

3.1 ด้านเนื้อหาในข้อที่ 1 ปรับตัวอย่างสารจากสารประกอบโพแทสเซียมคลอไรด์ (KI) เป็นสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ข้อที่ 6 ปรับจากการกำหนดให้เขียนสัญลักษณ์เพื่อแสดงค่าอำนาจไฟฟ้าของแต่ละอะตอมในโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) เปลี่ยนเป็นไม่ต้องกำหนดให้เขียนสัญลักษณ์เนื่องจากเป็นการชี้นำคำตอบ ข้อที่ 7 ปรับตัวอย่างสารให้เหลือเพียง HF และ HCl ซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้วทั้งสองชนิดและให้ตัดสารที่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วคือ F_2 ออก และข้อที่ 10 ปรับให้มีการอธิบายภาพสถานการณ์เพื่อให้ข้อมูลเพิ่มขึ้น

3.2 ด้านภาษา ให้ปรับโดยเพิ่มข้อความ เพื่อให้สื่อความหมายได้ชัดเจนไม่กำกวม เช่น คำถามในข้อที่ 4 จากเดิมที่ถามว่า “จากภาพข้างบน จงเขียนโครงสร้างและอธิบายการเกิดพันธะในโมเลกุลของไอโอดีน (I_2)” ให้เพิ่มเป็น “จากภาพข้างบน จงบอกชนิดของพันธะและอธิบายการสร้างพันธะของอะตอมไอโอดีนในโมเลกุลของไอโอดีน (I_2) 1 โมเลกุล พร้อมทั้งเขียนโครงสร้างประกอบ”

3.3 ด้านภาพประกอบ ให้เลือกภาพที่ชัดเจน สื่อความหมายได้ถูกต้องและภาพตัวอย่างสารบางข้อควรเป็นภาพจริง เช่น ในข้อคำถามข้อที่ 4 จากเดิมที่มี 3 ภาพ ให้ปรับเหลือเพียงหนึ่งภาพและเป็นภาพจริง ข้อคำถามข้อที่ 9 จากเดิมที่เป็นภาพวาดของแท่งเหล็กให้ปรับเป็นภาพเหล็กของจริง

4. นำแบบวัดที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ความตรงตามโครงสร้าง (Construct validity) ภาษาที่ใช้และความเหมาะสมของคำถามที่จะเป็นตัวแทนของประเด็นที่ต้องการศึกษา โดยในขั้นนี้คำถามข้อที่ 1 ข้อที่ 4 และข้อที่ 6 มีการปรับภาษาที่ใช้เพื่อให้มีความชัดเจนและไม่ชี้นำคำตอบ ข้อที่ 3 ปรับภาพที่ใช้ให้ชัดเจน และข้อที่ 8 ปรับตัวเลือกให้มีแบบจำลองที่ถูกต้องเพิ่มเป็น 3 ข้อ

5. นำแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วจำนวน 10 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 30 คน ที่คละความสามารถ และมีลักษณะบริบทใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา ขั้นนี้พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดที่กำหนดให้ตอนแรก 60 นาทีไม่เพียงพอและนักเรียนไม่เข้าใจภาษาที่ใช้ในคำถามข้อที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. นำผลที่ได้จากขั้นตอนในข้อที่ 5 มาปรับปรุงแก้ไขในเรื่องภาษาและเวลาที่ใช้ทำแบบวัด โดยเพิ่มเวลาเป็น 90 นาที จากนั้นนำไปจัดพิมพ์เป็นต้นฉบับแล้วนำไปใช้เก็บข้อมูลแบบจำลองความคิดของนักเรียนกับกลุ่มที่ศึกษาต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในระยะนี้เป็นการสำรวจแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะนี้ผู้วิจัยได้วางแผนลำดับขั้นตอนของการดำเนินงานดังนี้

1. ทำหนังสือราชการขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยจากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไปยังโรงเรียนซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษาทั้ง 5 โรงเรียน ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2

2. ผู้วิจัยนำหนังสือราชการจากข้อ 1 ไปส่งที่โรงเรียนซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษาทั้ง 5 โรงเรียน ด้วยตนเอง เพื่อบอกวัตถุประสงค์และชี้แจงรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยให้ผู้อำนวยการโรงเรียนทราบ

3. เลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาเคมีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง

4. ผู้วิจัยแนะนำตนเองว่าเป็นนิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อสร้างความคุ้นเคยพร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์ในการมาทำวิจัยในครั้งนี้ให้กับครูและนักเรียนได้ทราบ รวมทั้งชี้แจงรายละเอียดในการทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีว่าใช้เวลาในการทำ 90 นาที ให้เขียนตอบทุกข้อตามความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน การทำแบบวัดนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน และจะนำผลที่ได้ไปพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมีต่อไป

5. ให้กลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป โดยเมื่อได้รับแบบวัดแบบจำลองความคิดกลับมา ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบวัดและได้แบบวัดแบบจำลองความคิดกลับมาทั้งสิ้น จำนวน 211 ฉบับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 เป็นการสำรวจแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาวิเคราะห์คำตอบรายข้อโดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดซึ่งจะพิจารณา ทั้งข้อความที่นักเรียนเขียนตอบและภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาด เพื่อเปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนในการกำหนดประเด็นและรูปแบบของคำตอบ จากนั้นนำรูปแบบของคำตอบมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดเป็น 6 กลุ่ม (ดังตารางที่ 3.2) ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2000 cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) ดังนี้

1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอ

3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

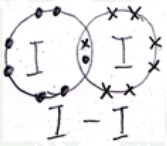
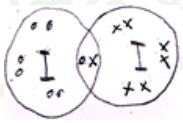
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

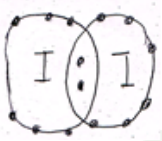
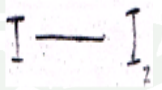
ผู้วิจัยจะมีการตรวจสอบข้อมูลของการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดซ้ำอีกครั้ง (Re-examined) เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 วัน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงในการจัดกลุ่มของแบบจำลองความคิด จากนั้นจะนำข้อมูลมาหาค่าความถี่และร้อยละของแบบจำลองความคิดแต่ละประเภทและบรรยายสรุปแบบจำลองความคิดของนักเรียนแล้วให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาลงความเห็นต่อการวิเคราะห์แบบจำลองความคิดของนักเรียนของผู้วิจัยเพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator triangulation)

ตารางที่ 3.2 ประเภทแบบจำลองความคิดและตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน

ประเภทของแบบจำลองความคิด	**เกณฑ์ในการจัดกลุ่มคำตอบ**	**ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน**
แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CMM)	นักเรียนวาดภาพแบบจำลองพันธะโคเวเลนต์ บอกชนิดของพันธะและอธิบายเหตุผลของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	 I_2 จะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ชนิดพันธะเดี่ยวโดยไอโอดีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 ต้องการอีก 1 จึงจะครบแปดตามกฎออกเตต ไอโอดีนมีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูงเสียอิเล็กตรอนได้ยากจะเกิดการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน I_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ จึงเกิดเป็นพันธะเดี่ยว
แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICMM)	นักเรียนวาดภาพแบบจำลองพันธะโคเวเลนต์บอกชนิดของพันธะได้ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	 ไอโอดีนสร้างพันธะด้วยกันเป็นพันธะเดี่ยวโดยที่อะตอมของไอโอดีนจะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ประเภทของแบบจำลองความคิด	เกณฑ์ในการจัดกลุ่มคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	
แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFMM)	นักเรียนวาดภาพแบบจำลองพันธะโคเวเลนต์ถูกต้อง แต่บอกชนิดของพันธะและอธิบายเหตุผลการเกิดพันธะโคเวเลนต์ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือวาดภาพไม่ถูกต้องแต่บอกชนิดของพันธะและอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ		I_2 อยู่หมู่ที่ 6 จึงมีอะตอม 6 ตัว ต้องการอะตอมอีก 2 ตัวเพื่อจะให้ครบแปดและจะทำให้เสถียรหรือเป็นไปตามกฎออกเตตจึงต้องใช้พันธะร่วมกัน 2 ตัว
			พันธะโคเวเลนต์เพราะใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพราะไอโอดีนเป็นอโลหะดังนั้นอโลหะรวมกับอโลหะเป็นพันธะโคเวเลนต์
แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FMM)	นักเรียนวาดภาพแบบจำลองพันธะโคเวเลนต์บอกชนิดของพันธะไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์		พันธะไอออนิกและการสร้างพันธะของอะตอมไอโอดีนเกิดจากพันธะของสารไอโอดีนที่ยึดเกาะกันในโมเลกุลของไอโอดีนแล้วทำให้เกิดพันธะของอะตอมไอโอดีน
แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IMM)	นักเรียนวาดภาพและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถามหรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล		ไอโอดีนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วเพราะเป็นสารชนิดเดียวกันจะไม่มีแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างพันธะได้
ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NR)	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือเขียนข้อความแต่ไม่วาดภาพ หรือวาดภาพแต่ไม่เขียนข้อความ	ไม่วาดภาพ	ไอโอดีนจะมีสีดำจะเป็นขนาดเล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การดำเนินการวิจัยระยะที่ 2

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในระยะนี้เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี (Case study research) โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาในครั้งนี้ การที่ผู้วิจัยเลือกใช้การวิจัยศึกษาเฉพาะกรณีในระยะนี้เนื่องจากการศึกษาด้วยวิธีนี้จะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลอย่างละเอียดและลุ่มลึกในประเด็นที่สนใจภายใต้ขอบเขตและบริบทที่ศึกษา (องอาจ นัยพัฒน์, 2551)

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 39 คน ที่เรียนหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นการศึกษาอำนาจเจริญ ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

สิ่งที่ศึกษา

สิ่งที่ศึกษาในระยะที่ 2 คือ การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปแล้ว ประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึก ร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องพันธะเคมี

ในการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยยึดตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้และความหมายด้วยตนเอง โดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับเข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่และการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม แบบจำลองความคิด (Mental models) ที่กล่าวว่ากระบวนการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสมองซึ่งผู้เรียนแต่ละคนจะต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาภายในสมองของตนโดยอาศัยความรู้เดิม ประสบการณ์และข้อมูลใหม่ เพื่อใช้ในการทำนาย การแก้ปัญหาและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เผชิญขณะที่อยู่ภายในห้องเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model – based learning) เป็นรูปแบบของการจัดกิจกรรมการรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลองความคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในการทำกิจกรรมจะมีขั้นตอนที่สำคัญอยู่ 4 ขั้น คือ ขั้นสร้างแบบจำลอง (Generation phase) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluation phase) ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (Revise phase) และขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration phase) เป้าหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร และผลที่ได้จากงานวิจันในระยะที่ 1 มีรายละเอียดของขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องพันธะเคมี ดังนี้

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรโดยศึกษาเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีจากคู่มือครูและหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาออกแบบและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.3 ศึกษาข้อมูลแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้การวิจัยในระยะแรก เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 กำหนดเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับเนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีออกเป็น 3 หน่วยย่อย ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ

1.5 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตามรายละเอียดในข้อ 1.4 ซึ่งใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวคิดหลัก กระบวนการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล และสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ในส่วนของกระบวนการจัดการเรียนการสอนใช้วิธีจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และขั้นขยายแบบจำลอง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้ภาษาและองค์ประกอบอื่น ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตรวจสอบแล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและที่ผ่านปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วไปใช้สอนจริงกับกลุ่มที่ศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลในระยะนี้ ประกอบด้วย

1. แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดฉบับเดียวกันกับแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยระยะแรก โดยจะใช้วัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. แบบบันทึกวีดีทัศน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. ใบงานและใบกิจกรรม

5. บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละชนิดมีรายละเอียดในการสร้างและหาประสิทธิภาพ ดังนี้

1. แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดฉบับเดียวกันกับแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยระยะแรก โดยจะใช้วัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดในการสร้างเช่นเดียวกับงานวิจัยในระยะที่ 1

2. แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัยเป็นการบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมี เช่น พฤติกรรมการสอนของครู พฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้วิจัยใช้เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน โดยผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างและการบันทึกดังนี้

2.1 ศึกษาหลักการบันทึกภาคสนาม ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดของนักเรียนและแนวทางการวัดและประเมินผลแบบจำลองความคิดของนักเรียน

2.2 สร้างกรอบการบันทึกเพื่อบันทึกข้อมูลการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียน โดยบันทึกเหตุการณ์ที่สังเกตได้ตามความเป็นจริงในประเด็นต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้วิจัยกับนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน สภาพแวดล้อมของการจัดการเรียนรู้ ข้อสังเกตจากการสอน ปัญหาและข้อเสนอแนะจากการจัดการเรียนรู้ ความรู้สึก ความคิดเห็นของผู้วิจัยจากการสังเกตและการวางแผนการสังเกตในครั้งต่อไป (สุภางค์ จันทรวานิช, 2543: 62-67) โดยผู้วิจัยจะมีการบันทึกภาคสนามทุกครั้งในระหว่างที่มีกิจกรรมการเรียนการสอน เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละครั้งและหลังตรวจบันทึกการเรียนรู้และผลงานนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 นำเสนอความเหมาะสมกรอบของการบันทึกภาคสนามต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนที่จะนำไปใช้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะที่ 2 เป็นการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. ทำหนังสือราชการขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยจากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไปยังโรงเรียนซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 1 โรงเรียน ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ

2. ผู้วิจัยนำหนังสือราชการจากข้อ 1 ไปส่งที่โรงเรียนที่จะศึกษาด้วยตนเองเพื่อบอกวัตถุประสงค์และอธิบายชี้แจงรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยให้ผู้อำนวยการโรงเรียนทราบ

3. เลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน จำนวน 39 คน โดยการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง

4. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ในการมาทำวิจัยในครั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ พร้อมทั้งให้ความรู้เรื่องการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตลอดจนสร้างความคุ้นเคยทำความสนิทสนมเป็นกันเองกับนักเรียนก่อนทำการสอน

5. สำรวจแบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องพันธะเคมีของกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3 ก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแล้วรวบรวมข้อมูลที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

6. ผู้วิจัยดำเนินการสอนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีที่กำหนดไว้ด้วยวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งใช้เวลาสอน 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนโดยใช้การสังเกตในขณะที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน การสัมภาษณ์ผู้เรียน การตรวจผลงานหรือใบกิจกรรมต่าง ๆ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนและบันทึกภาคสนามของครู แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

8. เมื่อสิ้นสุดระยะดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีอีกครั้งโดยใช้แบบวัดฉบับเดิม จากนั้นผู้วิจัยจะสัมภาษณ์เพิ่มเติมตามประเด็นคำตอบนักเรียนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความตรงและความเที่ยงแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 2 เป็นการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่จากแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมาวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยผู้วิจัยจะใส่รหัสแบบวัดแบบจำลองความคิดในแต่ละฉบับซึ่งกำหนดให้ใช้ตัวอักษร sf แทนแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนหญิงและ sm แทนแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนชาย จากนั้นกำหนดตัวเลข 2 หลักเพื่อแทนเลขที่ของนักเรียนแต่ละคนของกลุ่มที่ศึกษา ตัวอย่างเช่น sm-1 หมายถึงแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนชายเลขที่ 1 เป็นต้น เพื่อให้เป็นตัวอย่างของการอ้างอิงคำตอบในรายงานผลการวิจัย จากนั้นอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดซึ่งจะพิจารณาทั้งข้อความที่นักเรียนเขียนตอบและรูปภาพแบบจำลองที่นักเรียนวาด เปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนในการกำหนดประเด็นและรูปแบบของคำตอบ จากนั้นนำรูปแบบของคำตอบมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดเป็น 6 ประเภท ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2000 cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) เช่นเดียวกับวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยระยะแรก นอกจากนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสังเกต ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ข้อมูลจากบันทึกดีทัศน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การตรวจผลงานหรือใบกิจกรรมต่าง ๆ บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนและบันทึกภาคสนามของครูมาตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (Methodological triangulation) และด้านข้อมูล (Data triangulation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดระเบียบข้อมูลจำแนกตามหัวข้อ จัดกลุ่มของข้อมูล จากนั้นใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยการตีความหมายและลงข้อสรุปจากข้อมูลที่รวบรวมได้แล้วให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาลงความเห็นต่อการวิเคราะห์เพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator triangulation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเรื่อง พันธะเคมีมาแล้ว ส่วนระยะที่ 2 เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี (Case study research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ตามระยะของการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิจัยระยะที่ 1 การสำรวจแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผลการวิจัยในระยะที่ 1

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในระยะนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่ผ่านการเรียน เรื่อง พันธะเคมีมาแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 211 คน เป็นนักเรียนชาย 92 คน และนักเรียนหญิง 119 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐบาล 5 แห่ง ในเขตจังหวัดอำนาจเจริญและอุบลราชธานี นักเรียนส่วนใหญ่มีอายุ 16 ปี มีเกรดวิชาเคมีอยู่ในระดับ 2.50 – 3.0 และส่วนใหญ่ไม่ชอบวิชาเคมี รายละเอียดดังตารางที่ 4.1 โดยนักเรียนคิดว่าเคมีเป็นวิชาที่ต้องเรียนโดยการท่องจำ เป็นวิชาที่เนื้อหายาก เรียนไม่เข้าใจและเนื้อหามีความซับซ้อน ดังตัวอย่างคำตอบที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนที่ระบุว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“วิชานี้เป็นวิชาที่ยาก มีทั้งตารางธาตุและสูตรให้ท่องจำมากมาย ต้องใช้ความจำเยอะมาก จึงจะเข้าใจ” (sf-48 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“เรียนไม่เข้าใจ ท่องจำสูตรและทฤษฎีไม่ได้ เป็นวิชาที่ยาก และมีลักษณะการคิดที่ซับซ้อนมาก” (sm-104 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“เพราะเป็นวิชาที่เรียนแล้วไม่ค่อยเข้าใจ จำสูตรไม่ได้ ทฤษฎีของเคมีจำยาก เป็นวิชาที่ซับซ้อนมาก” (sf-189 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มที่ศึกษาจำแนกตามเพศ อายุ เกรดวิชาเคมี และความสนใจวิชาเคมี

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มที่ศึกษา		จำนวนนักเรียน (คน)/N = 211	ร้อยละ
เพศ	ชาย	92	43.6
	หญิง	119	56.4
อายุ	15 ปี	3	1.4
	16 ปี	183	86.7
	17 ปี	25	11.9
เกรดวิชาเคมี	3.51 – 4.00	27	12.8
	3.10 – 3.50	45	21.3
	2.51 – 3.00	92	43.6
	2.00 – 2.50	33	15.6
	ต่ำกว่า 2.00	14	6.6
ความสนใจวิชาเคมี	ชอบ	56	26.5
	ไม่ชอบ	155	73.5

2. แบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2551 ช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 เป็นช่วงเวลาที่นักเรียนผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มาแล้ว โดยวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนจากแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมี ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยาย พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบกันตามความเข้าใจของนักเรียน จำนวน 10 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี 3 แนวคิดหลัก คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์และพันธะโลหะ และประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ จากนั้นผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดถี่ถ้วน พิจารณาประกอบกันทั้งภาพที่นักเรียนวาด ข้อความที่เขียนบรรยายหรือเหตุผลที่อธิบายแล้วตีความเพื่อเปรียบเทียบหารูปแบบของคำตอบ จากนั้นนำรูปแบบของคำตอบมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยประยุกต์จากการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ดังนี้ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental models: CMM) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models: ICMM) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental models: CFMM) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental models: FMM) แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model: IMM) และไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response: NR) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยหาความถี่ของคำตอบและรายงานโดยใช้ค่าร้อยละเพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดในกลุ่มต่าง ๆ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4.2 จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีแบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมีในกลุ่มต่าง ๆ

แนวคิดย่อยเรื่อง พันธะเคมี	จำนวนนักเรียน (คน) แต่ละกลุ่ม (N = 211) (ร้อยละ)					
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR
การเกิดพันธะไอออนิก	22 (10.4)	36 (17.1)	66 (31.3)	33 (15.6)	36 (17.1)	18 (8.5)
โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	24 (11.4)	30 (14.2)	127 (60.2)	18 (8.5)	0 (0.0)	12 (5.7)
การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก	8 (3.8)	52 (24.6)	120 (56.9)	8 (3.8)	0 (0.0)	23 (10.9)
การเกิดพันธะโคเวเลนต์	31 (14.7)	44 (20.9)	36 (17.1)	16 (7.6)	61 (28.9)	23 (10.9)
รูปร่างโมเลกุล	0 (0.0)	40 (19.0)	75 (35.5)	15 (7.1)	48 (22.7)	33 (15.6)
สภาพขั้วของโมเลกุล	0 (0.0)	7 (3.3)	77 (36.5)	38 (18.0)	61 (28.9)	28 (13.3)
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	3 (1.4)	6 (2.8)	9 (4.3)	113 (53.6)	52 (24.6)	28 (13.3)
การนำไฟฟ้าสารโครงผลึกร่างตาข่าย	10 (4.7)	16 (7.6)	64 (30.3)	114 (54.0)	0 (0.0)	7 (3.3)
การเกิดพันธะโลหะ	3 (1.4)	6 (2.8)	57 (27.0)	109 (51.7)	9 (4.3)	27 (12.8)
การนำไฟฟ้าของโลหะ	5 (2.4)	6 (2.8)	14 (6.6)	95 (45.0)	83 (39.3)	8 (3.8)
ร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียน	**5.0**	**11.5**	**30.6**	**26.5**	**16.6**	**9.8**

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้ นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 30.6 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่เป็นแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก และสภาพขั้วของโมเลกุล ตามลำดับ รองลงมานักเรียน ร้อยละ 26.5 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่เป็นแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ในแนวคิดเรื่อง การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องรูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุล เป็นแนวคิดที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ส่วนแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยอมรับมากที่สุด ได้แก่ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเกิดพันธะไอออนิก ตามลำดับ เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองความคิดแตกต่างกันออกไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การเกิดพันธะไอออนิก

เมื่อให้นักเรียนวาดภาพแล้วบอกชนิดของพันธะพร้อมทั้งอธิบายการเกิดพันธะในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 31.3 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยมีนักเรียนจำนวนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่าในสารประกอบไอออนิกมีการเกิดพันธะคล้ายกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ซึ่งนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.1 ก พร้อมทั้งอธิบายว่า“พันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์เป็นพันธะไอออนิกชนิดพันธะเดี่ยวเกิดจากธาตุโลหะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนและธาตุอโลหะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนเพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปดตามกฎออกเตต” ความคิดนี้คล้ายกับนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่มองว่าในสารประกอบไอออนิกมีการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งจัดว่าเป็นแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) หากพิจารณาลักษณะของแบบจำลองความคิดทั้ง 2 กลุ่มนี้จะเห็นว่านักเรียนมีความสับสนระหว่างแบบจำลองที่นำมาใช้อธิบายในการเกิดพันธะไอออนิกกับพันธะโคเวเลนต์นั่นคือนักเรียนพยายามนำเอากฎออกเตตมาใช้อธิบายการเกิดพันธะของโซเดียมกับคลอรีน ในขณะที่มีนักเรียนเพียงร้อยละ 10.4 เท่านั้นที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.1 ข และอธิบายว่า “พันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์เป็นพันธะไอออนิกซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ”

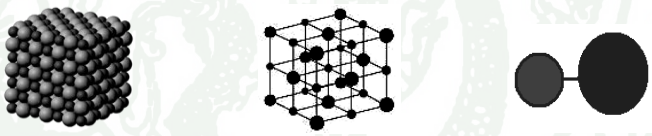
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก ข

ภาพที่ 4.1 นักเรียนวาดภาพแสดงการเกิดพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

2.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

นักเรียน ร้อยละ 11.4 มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้คิดว่าถ้านำผลึกของโซเดียมคลอไรด์ไปส่องด้วยเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงจนมองเห็นอนุภาคภายในที่เป็นองค์ประกอบภาพที่เห็นจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.2 ก และ ข โดยนักเรียนอธิบายว่า “อนุภาคของไอออนบวกและไอออนลบในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกและจะเรียงสลับกันไปต่อเนื่องทั้งสามมิติเป็นโครงผลึก”



ก ข ค

ภาพที่ 4.2 แบบจำลองโครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ที่นักเรียนเลือก

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 60.2) ที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้บอกว่าสิ่งที่มองเห็นจะเหมือนกับภาพที่ 4.2 ข โดยนักเรียนเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างคล้ายตาข่ายและไม่แข็งแรง นักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนว่า “เนื่องจากสารประกอบโซเดียมคลอไรด์เป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้เร็ว อนุภาคของสารจะรวมกันไม่หนาแน่นหรืออยู่ไม่ชิดกันจนเกินไปดังนั้นน่าจะมีรูปร่างคล้ายตาข่าย” นอกจากนี้ยังพบอีกว่ามีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งในกลุ่มเดียวกันนี้คิดว่าสิ่งที่จะเห็น คือ ภาพที่ 4.2 ค โดยนักเรียนเชื่อว่าสารประกอบไอออนิกจะอยู่เป็นโมเลกุลเดี่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก

เมื่อให้นักเรียนวาดภาพและอธิบายการนำไฟฟ้าของสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์เมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นของแข็งและสารละลาย ผลที่ได้ในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 56.9 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ซึ่งมีอยู่หลายประเด็นด้วยกัน ตัวอย่างเช่น มีนักเรียนจำนวนมากในกลุ่มนี้เชื่อว่าน้ำทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าในสารละลายไอออนิก โดยวาดภาพที่ 4.3 ก แทนสารในสถานะของแข็งและภาพที่ 4.3 ข แทนแคลเซียมคลอไรด์เมื่ออยู่ในสภาพสารละลายแล้วอธิบายว่า “สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์เมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากไม่มีตัวนำไฟฟ้าแต่เมื่อทำให้เป็นสารละลายจะนำไฟฟ้าได้เพราะมีน้ำเป็นตัวนำไฟฟ้า เช่น เวลาที่มือเราเปียกถ้าไปจับปลั๊กไฟจะทำให้ไฟฟ้าช้อตได้” ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มเดียวกันนี้คิดว่าการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากการการทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยนักเรียนระบุว่า “แคลเซียมคลอไรด์เมื่อเป็นผลึกหรือของแข็งจะไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากไม่มีตัวทำปฏิกิริยาแต่เมื่อนำแคลเซียมคลอไรด์ไปละลายน้ำจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำจึงทำให้นำไฟฟ้าได้” นอกจากนี้ยังพบอีกว่านักเรียนในกลุ่มเดิมนี้จำนวนไม่น้อยที่ยืนยันว่าการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารละลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้า อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 3.8) ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ซึ่งนักเรียนเชื่อว่าการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบในสารละลายเป็นปัจจัยสำคัญของการนำไฟฟ้าในสารละลายไอออนิก

ก ข

ภาพที่ 4.3 นักเรียนวาดภาพสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสารละลาย

2.4 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

เมื่อให้นักเรียนพิจารณาภาพผลึกของไอโอดีนแล้วให้วาดภาพและอธิบายถึงการสร้างพันธะของโมเลกุลไอโอดีน 1 โมเลกุล พบว่านักเรียนร้อยละ 14.7 มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนกลุ่มนี้คิดว่า พันธะโคเวเลนต์เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมที่นำเอาเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันตามกฎออกเตต ซึ่งนักเรียนวาดภาพที่ 4.4 ก พร้อมทั้งอธิบาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกอบว่า “ภายในโมเลกุลของไอโอดีนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเกิดจากอะตอมของไอโอดีนนำเอาเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน 1 คู่ เพื่อให้มีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปดตามกฎออกเตต” แต่เป็นที่น่าแปลกใจว่านักเรียนจำนวน ร้อยละ 28.9 ที่แสดงออกถึงแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน ตัวอย่างเช่น นักเรียนในกลุ่มนี้จำนวนมากที่เข้าใจเพียงแค่ว่าพันธะคือการเชื่อมโยงให้อยู่รวมกันเท่านั้นโดยนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.4 ข แล้วระบุว่า “ไอโอดีนเป็นของแข็งเกิดจากการตกผลึกจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มซึ่งจะมีพันธะที่เชื่อมต่อกัน”

ก ข

ภาพที่ 4.4 นักเรียนวาดภาพแสดงการสร้างพันธะภายในโมเลกุลของไอโอดีน 1 โมเลกุล

2.5 รูปร่างโมเลกุล

แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องรูปร่างโมเลกุลที่คาดหวังควรมีลักษณะดังนี้ คือ รูปร่างโมเลกุลทำนายได้จากแบบจำลองการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงเวเลนซ์ (VSEPR) โดยพิจารณาจากจำนวนคู่อิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางซึ่งจะมีการจัดตัวกันในทิศทางที่ให้อยู่ห่างกันมากที่สุดเพื่อลดแรงผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอน เป็นที่น่าสังเกตว่าจากตารางที่ 4.2 ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หากแต่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 35.5 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ตัวอย่างเช่น มีนักเรียนส่วนหนึ่งในกลุ่มนี้ที่คิดว่ารูปร่างโมเลกุลสามารถทำนายได้จากจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยได้วาดภาพที่ 4.5 ก และอธิบายเหตุผลสนับสนุนว่า “รูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์เป็นแบบเส้นตรงเนื่องจากมีการสร้างพันธะโคเวเลนต์ที่ไม่เหลืออิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่เลยจึงทำให้โครงสร้างโมเลกุลไม่เกิดมุมงอ” ขณะที่นักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งร้อยละ 19 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) มีความคิดเช่นเดียวกันว่ารูปร่างโมเลกุลสามารถทำนายได้จากจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ได้วาดภาพที่ 4.5 ข พร้อมให้เหตุผลที่ต่างออกไปว่า “ไดคลอรีนมอนอกไซด์มีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบมุมงอเพราะโมเลกุลเหลืออิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ 2 คู่ ซึ่งทำให้เกิดมีแรงผลักมากดันคลอรีนลงมาจนเป็นมุมงอ”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก ข

ภาพที่ 4.5 นักเรียนวาดภาพรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O)

2.6 สภาพขั้วของโมเลกุล

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยวัดแบบจำลองความคิดโดยให้นักเรียนทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) เป็นที่น่าสนใจว่าในเรื่องนี้ไม่มีนักเรียนแม้แต่คนเดียวที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หากแต่พบว่ามีนักเรียนเพียง ร้อยละ 3.3 เท่านั้นที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ซึ่งนักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าสภาพขั้วของโมเลกุลขึ้นอยู่กับรูปร่างของโมเลกุลเท่านั้นโดยนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.6 ก และอธิบายว่า “ไนโตรเจนไตรคลอไรด์เป็นโมเลกุลมีขั้วเนื่องจากโมเลกุลมีรูปร่างเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยมทำให้แรงผลักภายในโมเลกุลหักล้างไม่หมดโมเลกุลจึงมีขั้ว” ขณะที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 36.5 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ตัวอย่างเช่น มีนักเรียนในกลุ่มนี้จำนวนมากที่คิดว่าสภาพขั้วของโมเลกุลหาได้จากผลบวกแบบคณิตศาสตร์ของค่าประจุไฟฟ้าทุกชนิดที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.6 ข และอธิบายไว้ดังนี้ “ไนโตรเจนไตรคลอไรด์เป็นโมเลกุลมีขั้วเนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีประจุเป็นบวกหนึ่ง (+1) ส่วนคลอรีนมีประจุเป็นลบหนึ่ง (-1) แต่มีอยู่ 3 อะตอม ดังนั้นผลรวมประจุของธาตุองค์ประกอบในโมเลกุลจึงทำให้มีสภาพขั้วเป็นลบ เนื่องจากหักล้างกันไม่หมดทำให้โมเลกุลมีขั้ว” อีกตัวอย่างหนึ่งที่พบคือ นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มเดียวกันนี้เชื่อว่าสภาพขั้วของพันธะคือสภาพขั้วของโมเลกุล เนื่องจากนักเรียนระบุว่า “ไนโตรเจนไตรคลอไรด์เป็นโมเลกุลมีขั้ว เนื่องจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีแตกต่างกันคือไนโตรเจนมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำส่วนคลอรีนมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงจึงทำให้แรงดึงดูดเกิดขึ้นทำให้โมเลกุลมีขั้ว”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก ข

ภาพที่ 4.6 นักเรียนวาดภาพรูปร่างโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์

2.7 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

เมื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่ทำให้จุดเดือดของไฮโดรเจนฟลูออไรด์กับไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) มีความแตกต่างกันอย่างมาก ผลจากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 1.4 เท่านั้นที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนจำนวนนี้คิดว่าสิ่งที่ทำให้จุดเดือดของสารทั้งสองชนิดแตกต่างกันมาก คือ ความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล นักเรียนได้วาดภาพที่ 4.7 ก แทนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และภาพที่ 4.7 ข แทนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนคลอไรด์ พร้อมกับอธิบายว่า “สารประกอบไฮโดรเจนฟลูออไรด์มีแรงยึดเหนี่ยวภายนอก (ระหว่าง) โมเลกุลคือพันธะไฮโดรเจนซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่มากกว่าแรงดึงดูดระหว่างขั้วของไฮโดรเจนคลอไรด์ทำให้เมื่อจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวภายนอกหลุดจะต้องใช้พลังงานสูงกว่า”

ก ข

ภาพที่ 4.7 นักเรียนวาดภาพแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.6 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) โดยลักษณะของแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องที่พบนี้มีอยู่หลายประเด็นด้วยกัน ตัวอย่างเช่น นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่าแรงยึดเหนี่ยวของอะตอมภายในโมเลกุลกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นสิ่งเดียวกันซึ่งนักเรียนอธิบายว่า “ฟลูออรีนมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีมากกว่าคลอรีนทำให้จุดเดือดก็มากด้วยเพราะต้องใช้พลังงานความร้อนมากในการทำลายพันธะให้สารเดือด” ขณะที่นักเรียนบางส่วนในกลุ่มเดียวกันนี้คิดว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับระยะห่างของอนุภาคและขนาดโมเลกุล โดยนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.8 ก แทนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์และวาดภาพที่ 4.8 ข แทนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนคลอไรด์ จากลักษณะของแบบจำลองความคิดนี้บอกเป็นนัยว่านักเรียนเหล่านี้ได้พยายามนำเอาแบบจำลองอนุภาคที่อยู่ใกล้ชิดกันหรือห่างกันของสารมาใช้อธิบายจุดเดือดของสารโคเวเลนต์แทนแบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

ก ข

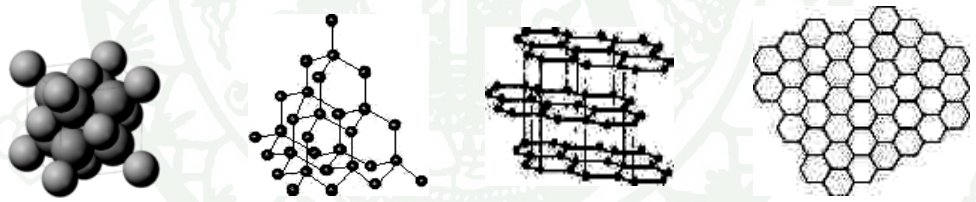
ภาพที่ 4.8 นักเรียนวาดภาพแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)

2.8 การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย

เมื่อให้นักเรียนเลือกภาพแบบจำลองจากที่กำหนดมาให้เพื่อใช้อธิบายสมบัติการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 54 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ มีนักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ที่เชื่อว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากโครงสร้างที่มีอนุภาคอยู่ชิดกันซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ โดยนักเรียนตัดสินใจเลือกภาพที่ 4.9 ก และให้เหตุผลสนับสนุนว่า “เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลมีอนุภาคยึดติดกันอย่างเหนียวแน่นแข็งแรงและเป็นระเบียบอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระทำให้แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้” ขณะที่ยังมีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้ที่เชื่อว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากอนุภาคที่อยู่ห่างกันแต่มีการเชื่อมโยงระหว่างอนุภาค นักเรียนจึงเลือกภาพที่ 4.9 ข พร้อมกับอธิบายเหตุผลว่า “เนื่องจากเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารประกอบคาร์บอนที่จับกันด้วยพันธะโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่ายอนุภาคจึงอยู่ห่างกันและมีการเชื่อมโยงของอนุภาคทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีจึงทำให้นำไฟฟ้าได้” นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 30.3 ที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้คิดว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากการยึดเกาะกันอย่างเหนียวแน่นชิดกันของอนุภาค นักเรียนจึงเลือกภาพที่ 4.9 ง พร้อมกับให้เหตุผลว่า “เนื่องจากเป็นสารประกอบที่เป็นของแข็งโครงสร้างต้องแข็งแรง ดังนั้นอนุภาคต้องมีการยึดเกาะกันอย่างเหนียวแน่นชิดกันมากจึงจะทำให้มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงและนำไฟฟ้าได้” เป็นที่น่าแปลกใจว่าขณะที่นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้คิดว่าโครงสร้างของแกรไฟต์เป็นโลหะมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ได้จึงทำให้นำไฟฟ้าได้ นักเรียนจึงเลือกภาพที่ 4.9 ง แต่อธิบายเหตุผลที่ต่างออกไปว่า “เนื่องจากเป็นโครงสร้างทั่วไปของโลหะซึ่งโมเลกุลต้องอยู่เรียงชิดติดกันทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในพันธะจึงสามารถนำไฟฟ้าได้และมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง” อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนร้อยละ 4.7 มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้เชื่อว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากมีอิเล็กตรอนอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้อยู่ภายในชั้นเดียวกัน โดยนักเรียนได้เลือกภาพที่ 4.9 ค ประกอบคำอธิบายว่า “โครงสร้างของแกรไฟต์เป็นสารโครงผลึกร่างตาข่ายที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งมีอิเล็กตรอนที่เป็นอิสระที่ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้แต่ไม่ค่อยดีเพราะ นำไฟฟ้าได้เป็นชั้น”



ก ข ค ง

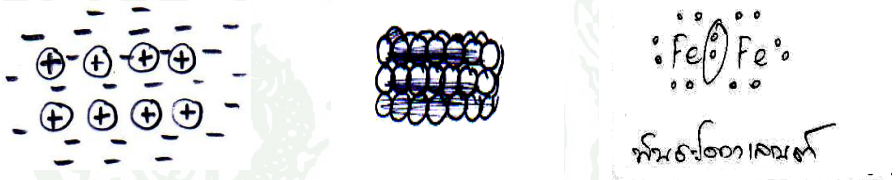
ภาพที่ 4.9 ภาพแบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้ในการอธิบายการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์

2.9 การเกิดพันธะโลหะ

หลังจากให้นักเรียนดูภาพเหล็กแล้วถามถึงการสร้างพันธะภายในเหล็ก ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนเพียงแค่ร้อยละ 1.4 เท่านั้นที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนเข้าใจว่าพันธะโลหะเป็นแรงยึดเหนี่ยวของอะตอมโลหะเสมือนเป็นไอออนบวกกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ หรือที่เรียกว่าแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนดังภาพที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.10 ก ขณะที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 51.7 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ซึ่งจะเห็นได้จากมีนักเรียนบางส่วนที่อยู่ในกลุ่มนี้เข้าใจว่าพันธะภายในโลหะมีลักษณะเหมือนกับของแข็งชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปซึ่งนักเรียนเหล่านี้ได้วาดภาพที่ 4.10 ข รวมทั้งอธิบายว่า “เหล็กเป็นของแข็งอนุภาคจะเรียงชิดติดกันอย่างเป็นระเบียบทำให้นำไฟฟ้าได้ดีมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ตีเป็นเส้นได้” ขณะที่นักเรียนอีกจำนวนหนึ่งของกลุ่มเดียวกันนี้มีความเข้าใจที่ต่างออกไปว่าในโลหะมีพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.10 ค และระบุเหตุผลว่า “พันธะภายในเหล็กเป็นพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงจึงทำให้เหล็กมีความแข็งและมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง” นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนร้อยละ 27 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) กล่าวคือ นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่าโลหะมีพันธะคล้ายกับพันธะโคเวเลนต์ ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งคิดว่าโลหะมีพันธะคล้ายกับพันธะไอออนิกโดยนักเรียนได้วาดภาพของ “ไอออนบวก” และ “ไอออนลบ” เรียงต่อเนื่องสลับกันไปซึ่งเป็นลักษณะของแบบจำลองของพันธะไอออนิกแต่นักเรียนกลับระบุว่า “พันธะภายในเหล็กเป็นพันธะโลหะ” ยิ่งไปกว่านั้นยังพบอีกว่า นักเรียนบางส่วนร้อยละ 12.3 ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) โดยนักเรียนไม่วาดภาพแบบจำลองและไม่เขียนข้อความใด ๆ



ก ข ค

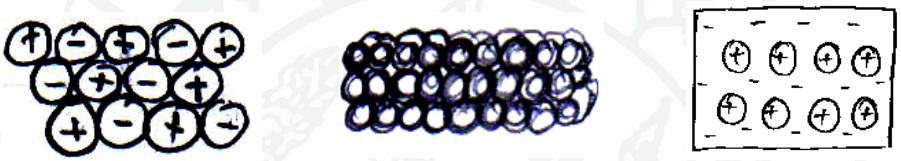
ภาพที่ 4.10 นักเรียนวาดภาพแบบจำลองการเกิดพันธะภายในเหล็ก

2.10 การนำไฟฟ้าของโลหะ

ในเรื่องนี้ผู้วิจัยวัดแบบจำลองความคิดโดยสมมติสถานการณ์เกี่ยวกับความสว่างของหลอดไฟเมื่อนำลวดทองแดงและแท่งแก้วมาต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าซึ่งให้ผลที่แตกต่างกัน เป็นที่น่าสังเกตว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 45 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เข้าใจว่าสิ่งที่ทำให้โลหะนำไฟฟ้าได้ คือ ไอออนบวกและไอออนลบที่จัดเรียงกันอยู่ภายในของโลหะโดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.11 ก แล้วอธิบายเหตุผลว่า “หลอดไฟสว่างถ้าใช้ลวดทองแดง เนื่องจากลวดทองแดงมีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ซึ่งอนุภาคภายในของลวดทองแดง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบที่อยู่ชิดกันทองแดงจึงนำไฟฟ้าได้” ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งจากกลุ่มเดียวกันนี้เข้าใจว่าการจัดเรียงอนุภาคให้อยู่ชิดกันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้โลหะนำไฟฟ้าได้ซึ่งนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.11 ข พร้อมระบุว่า “หลอดไฟสว่างเพราะลวดทองแดงเป็นโลหะมีสถานะเป็นของแข็งอนุภาคจะอยู่เรียงชิดติดกันอย่างหนาแน่นทำให้มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้” นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียน ร้อยละ 39.3 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) กล่าวคือ นักเรียนเหล่านี้เข้าใจเพียงแค่ว่าโลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเป็นเพราะอะไร อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียน ร้อยละ 2.4 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) โดยนักเรียนเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและนำเอาแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนมาใช้อธิบายการนำไฟฟ้าของโลหะ โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.11 ค ประกอบการอธิบาย



ก ข ค

ภาพที่ 4.11 นักเรียนวาดภาพแบบจำลองการนำไฟฟ้าของลวดทองแดง

ผลการวิจัยในระยะที่ 2

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มที่ศึกษา

การวิจัยในระยะนี้ได้ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ ตั้งอยู่ห่างจากตัวจังหวัดประมาณ 33 กิโลเมตร โรงเรียนแห่งนี้จัดตั้งและเปิดทำการสอนเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2524 นับรวมถึงปีการศึกษา 2552 เป็นเวลา 28 ปี โดยเปิดทำการสอนระดับตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเป็นโรงเรียนที่ผ่านการประเมินให้เป็นโรงเรียนต้นแบบโรงเรียนในฝัน ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนมีอาคารเรียนถาวร 4 หลัง และเป็นอาคารเรียนวิทยาศาสตร์ 1 หลัง ในอาคารเรียนหลังนี้ แบ่งออกเป็นห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 5 ห้อง และห้องเรียนทั่วไป 3 ห้อง มีห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ 4 ห้อง และเครื่องคอมพิวเตอร์ในการสืบค้นข้อมูล จำนวน 186 เครื่อง โรงเรียนผ่านคุณภาพภายนอกรอบสองระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จากสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) ปีการศึกษา 2551 ในระดับดีทุกมาตรฐาน ปีการศึกษา 2551 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) เป็น 246.65 และ 254.48 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานในรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 26.26 และ 25.75 ตามลำดับ สภาพชุมชนรอบบริเวณโรงเรียนมีลักษณะเป็นชุมชนกึ่งเมืองกึ่งชนบท มีประชากรประมาณ 46,778 คน ผู้ปกครองส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ร้อยละ 95 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 100 และมีรายได้โดยเฉลี่ย 30,000 บาทต่อปี

ในปีการศึกษา 2552 โรงเรียนมีครูผู้สอนทั้งหมด 85 คน เป็นครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 16 คน และเป็นครูที่สอนในรายวิชาเคมี จำนวน 4 คน มีนักเรียนทั้งหมด 1,754 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 238 คน นักเรียนเฉลี่ย 40 คนต่อห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 6 ห้องเรียน และแบ่งออกเป็น 2 แผนการเรียน คือ ห้องเรียนที่ 1 – 4 เป็นแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ส่วนห้องเรียนที่ 5 – 6 เป็นแผนการเรียนคณิตศาสตร์ - สังคม – ภาษา สำหรับนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จะเรียนตามโครงสร้างของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เน้นหนักเนื้อทางวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิชาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยในรายวิชาเคมีนักเรียนจะเรียนทั้งสิ้น จำนวน 9.0 หน่วยกิต แบ่งเป็นรายวิชาเคมีพื้นฐาน 1.5 หน่วยกิต และรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 7.5 หน่วยกิต สำหรับในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม1 จำนวน 1.5 หน่วยกิต โดยเรียนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง สำหรับเนื้อหาในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 3 หน่วย ได้แก่ อะตอมและตารางธาตุ พันธะเคมี และสมบัติของธาตุและสารประกอบ ตามลำดับ

กลุ่มที่ศึกษาในระยะนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่เรียนวิชาเคมีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 39 คน เป็นนักเรียนชาย 6 คน และนักเรียนหญิง 33 คน นักเรียนกลุ่มนี้เป็นนักเรียนที่มีความสามารถคละกันที่มีทั้งนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน นักเรียนส่วนใหญ่มีอายุ 16 ปี อาศัยอยู่กับบิดา มารดา ซึ่งทำอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ และมีรายได้ส่วนใหญ่ 1,000 – 5,000 บาทต่อเดือน นักเรียนเดินทางมาโรงเรียนด้วยรถรับ – ส่ง เนื่องจากส่วนใหญ่มีระยะทางจากบ้านถึงโรงเรียนประมาณ 6 – 10 กิโลเมตร นักเรียนมีเกรดเฉลี่ยสะสมในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3.51 – 4.0 และส่วนใหญ่ไม่ชอบวิชาเคมี รายละเอียดดังตารางที่ 4.3 โดยนักเรียนคิดว่าเคมีเป็นวิชาที่เรียนแล้วไม่เข้าใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื้อหามีความซับซ้อนทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ มีสูตรและทฤษฎีในการคำนวณต่าง ๆ มากมาย ต้องท่องจำตารางธาตุ และต้องมีการอธิบายเหตุผลต่าง ๆ ทำให้ปวดหัวและน่าเบื่อหน่าย ดังนั้นวิชานี้นักเรียนส่วนใหญ่จึงต้องเรียนโดยการท่องจำ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ระบุว่า

“เรียนไม่ค่อยเข้าใจเท่าไหร่ จะบอกว่าไม่รู้เลยก็ได้ค่ะ แต่ก็มีความสนใจ แต่มันก็ยังไม่เข้าใจ เรียนก็ไม่รู้เรื่อง ไม่เข้าสมองเลย” (sf-13 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“เป็นวิชาที่ต้องท่องจำ เข้าใจยาก เรียนแล้วน่าเบื่อ” (sf-31 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“ในความรู้สึกส่วนตัว รู้สึกว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก เรียนแล้วไม่ค่อยเข้าใจทฤษฎี มีความรู้สึกว่าเนื้อหาสลับซับซ้อนเกินไป” (sf-36 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“เรียนไม่เข้าใจ มีสูตรเยอะ ท่องจำยาก” (sf-28 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ตารางที่ 4.3 จำนวนและร้อยละของมูลทั่วไปของกลุ่มที่ศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มที่ศึกษา		**จำนวนนักเรียน (คน)/N = 39**	**ร้อยละ**
เพศ	ชาย	6	15.4
	หญิง	33	84.6
อายุ	15 ปี	14	35.9
	16 ปี	25	64.1
เกรดเฉลี่ยสะสม	3.51 – 4.00	18	46.2
วิชาวิทยาศาสตร์	3.10 – 3.50	8	20.5
	2.51 – 3.00	8	20.5
	2.00 – 2.50	2	5.1
	ต่ำกว่า 2.00	3	7.7
ความสนใจวิชาเคมี	ชอบ	13	33.3
	ไม่ชอบ	26	66.7
การเดินทางมาโรงเรียน	รถรับ - ส่ง	27	69.2
	รถจักรยานยนต์	8	20.5
	เดินเท้า	4	10.3

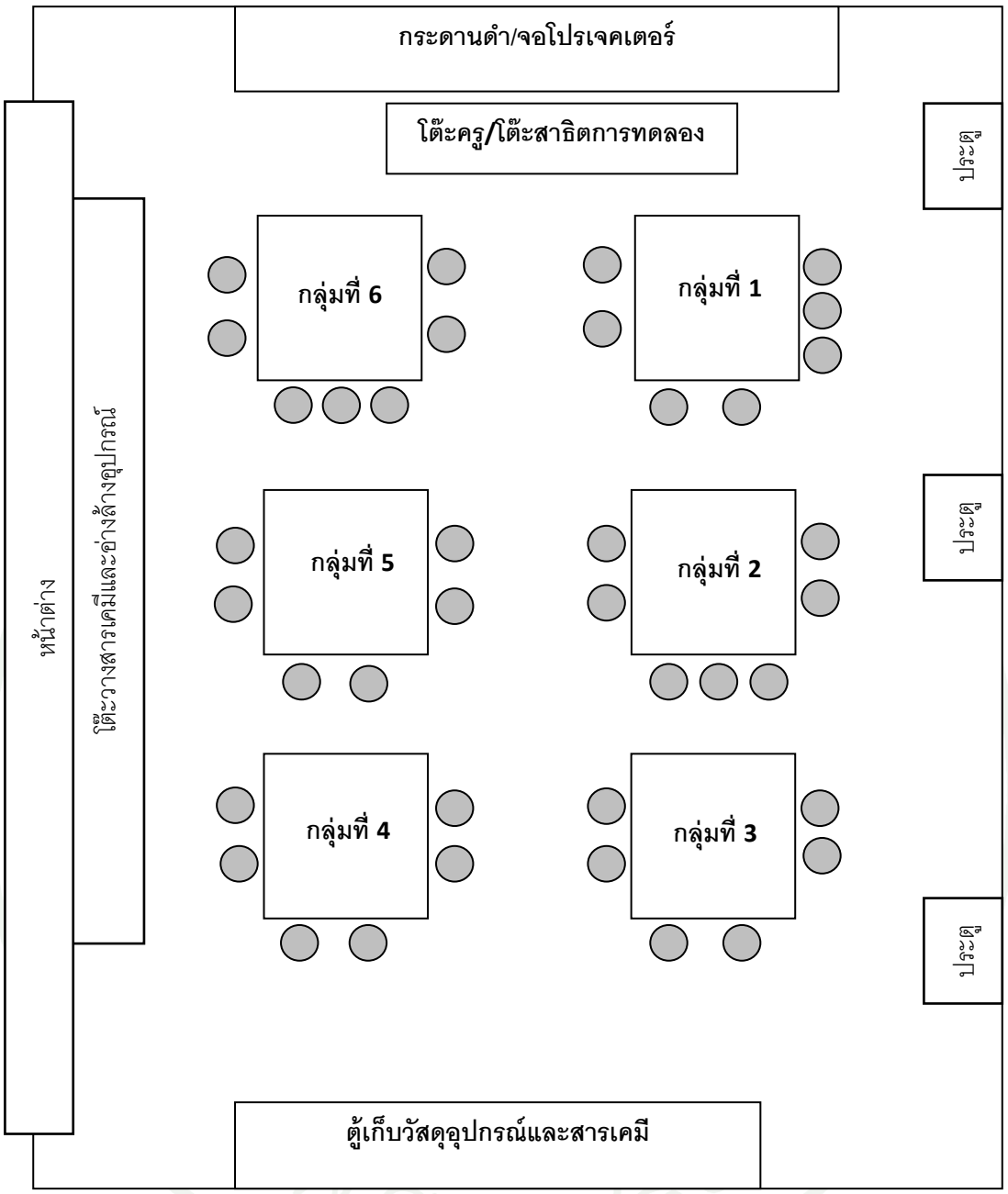
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มที่ศึกษา		จำนวนนักเรียน (คน)/N = 39	ร้อยละ
ระยะทางจากบ้านถึง	1 – 5	11	28.2
โรงเรียน (กิโลเมตร)	6 – 10	20	51.3
	11 – 15	5	12.8
	มากกว่า 15	3	7.7
นักเรียนอาศัยอยู่กับ	บิดา – มารดา	30	76.9
	ญาติ	9	23.1
อาชีพผู้ปกครอง	เกษตรกร	30	76.9
	รับราชการ	6	15.4
	รับจ้าง/ค้าขาย	3	7.7
รายได้เฉลี่ยของ	1,000 – 5,000	28	71.8
ผู้ปกครองต่อเดือน (บาท)	6,000 – 10,000	5	12.8
	11,000 – 15,000	2	5.1
	16,000 – 20,000	2	5.1
	มากกว่า 20,000	2	5.1

สำหรับห้องที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นห้องปฏิบัติการทางเคมี (ห้อง 224) ภายในห้องเรียนมีกระดานดำ จอโปรเจคเตอร์ โต๊ะสำหรับครูผู้สอนและสาธิตการทดลอง โต๊ะสำหรับนักเรียนซึ่งมีทั้งหมด 6 ตัว โต๊ะวางอุปกรณ์สารเคมีและอ่างล้างอุปกรณ์ ตู้เก็บสารเคมีและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรายละเอียดในภาพที่ 4.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4.12 แผนผังแสดงการจัดห้องปฏิบัติการเคมี (ห้อง 224)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดำเนินการเก็บข้อมูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ระหว่างเดือนสิงหาคม – กันยายน 2552 โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมที่มีต่อการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมี ในระยะนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีฉบับเดียวกันกับที่ใช้ในงานวิจัยระยะที่ 1 ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยาย พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบกันตามความเข้าใจของนักเรียน จำนวน 10 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี 3 แนวคิดหลัก คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์และพันธะโลหะ และประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4.4 จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แนวคิดย่อยเรื่อง พันธะเคมี	จำนวนนักเรียน (คน) แต่ละกลุ่ม (N = 39) (ร้อยละ)											
	CMM		ICMM		CFMM		FMM		IMM		NR	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
การเกิดพันธะไอออนิก	0 (0.0)	18 (46.2)	0 (0.0)	8 (20.5)	19 (48.7)	7 (17.9)	18 (46.2)	6 (15.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (5.1)	0 (0.0)
โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	1 (2.6)	30 (76.9)	2 (5.1)	0 (0.0)	24 (61.5)	8 (20.5)	11 (28.2)	1 (2.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก	0 (0.0)	24 (61.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	13 (33.3)	32 (82.1)	2 (5.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (17.9)	0 (0.0)
การเกิดพันธะโคเวเลนต์	3 (7.7)	24 (61.5)	0 (0.0)	10 (25.6)	12 (30.8)	2 (5.1)	8 (20.5)	2 (5.1)	3 (7.7)	1 (2.6)	13 (33.3)	0 (0.0)
รูปร่างโมเลกุล	0 (0.0)	19 (48.7)	0 (0.0)	9 (23.1)	0 (0.0)	6 (15.4)	7 (17.9)	5 (12.8)	18 (46.2)	0 (0.0)	14 (35.9)	0 (0.0)
สภาพขั้วของโมเลกุล	0 (0.0)	16 (41.0)	0 (0.0)	4 (10.3)	0 (0.0)	10 (25.6)	22 (56.4)	4 (10.3)	9 (23.1)	5 (12.8)	8 (20.5)	0 (0.0)
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	0 (0.0)	20 (51.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (2.6)	17 (43.6)	15 (38.5)	10 (25.6)	3 (7.7)	12 (30.8)	0 (0.0)
การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย	0 (0.0)	21 (53.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	15 (38.5)	4 (10.3)	16 (41.0)	12 (30.8)	0 (0.0)	2 (5.1)	8 (20.5)	0 (0.0)
การเกิดพันธะโลหะ	0 (0.0)	16 (41.0)	0 (0.0)	9 (23.1)	0 (0.0)	4 (10.3)	16 (41.0)	10 (25.6)	2 (5.1)	0 (0.0)	21 (53.8)	0 (0.0)
การนำไฟฟ้าของโลหะ	0 (0.0)	22 (56.4)	0 (0.0)	7 (17.9)	0 (0.0)	6 (15.4)	12 (30.8)	4 (10.3)	12 (30.8)	0 (0.0)	15 (38.5)	0 (0.0)
ร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียน	1.1	53.8	0.5	12.1	18.0	15.6	40.8	15.7	13.9	2.8	25.7	0

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

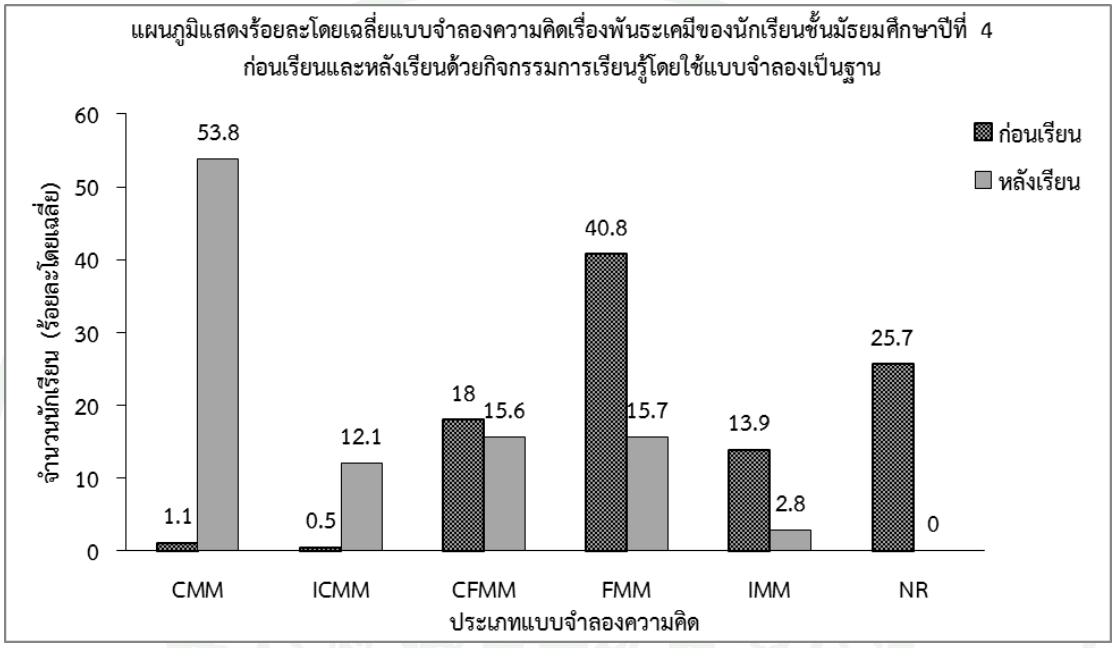
จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะเคมีเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 40.8 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ดังภาพที่ 4.13 นั่นคือ นักเรียน มีแบบจำลองความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมี ทั้งนี้หากพิจารณาโดยละเอียดพบว่า แนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วของโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง ร้อยละ 25.7 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโลหะ การนำไฟฟ้าของโลหะและรูปร่างโมเลกุล ตามลำดับ และยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า มีเพียงแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (จำนวน 3 คน) และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก (จำนวน 1 คน) เท่านั้น ที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกลุ่มนี้จึงควรได้รับการพัฒนาให้มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมีในทั้ง 10 แนวคิดย่อย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีหลังจากที่นักเรียนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.8 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ดังภาพที่ 4.13 นั่นคือ แบบจำลองความคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมี และเมื่อพิจารณาโดยละเอียดพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง(CMM) ทั้ง 10 แนวคิดย่อยของเรื่องพันธะเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก เป็นแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) มากที่สุด รองลงมา คือ การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียน ร้อยละ 40.8 เป็น ร้อยละ 15.7 ดังภาพที่ 4.13 และมีค่าลดลงทุกแนวคิดย่อย โดยแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงมากสุด คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก ซึ่งแนวคิดนี้ก่อนเรียนเป็นแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิด อยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากที่สุดด้วย รองลงมา คือ สภาพขั้วของโมเลกุลและการเกิดพันธะไอออนิก ตามลำดับ และยังพบอีกว่า ไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) ดังภาพที่ 4.13 เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้



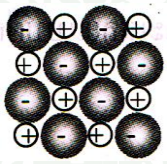
ภาพที่ 4.13 ร้อยละโดยเฉลี่ยของแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 การเกิดพันธะไอออนิก

แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพแสดงพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) พร้อมทั้งให้บอกชนิดของพันธะและอธิบายการเกิดพันธะในสารประกอบดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกกับไอออนลบซึ่งต่างมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับแปด โดยไอออนบวกเกิดจากโซเดียมอะตอมซึ่งเป็นธาตุโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ ดังนั้นจึงทำให้เสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนได้ง่ายแล้วทำให้กลายไปเป็นไอออนบวกที่เสถียร เนื่องจากมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ในที่นี้โซเดียมจะให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแก่คลอรีนหนึ่งอิเล็กตรอน ส่วนไอออนลบเกิดจากคลอรีนอะตอมซึ่งเป็นธาตุอโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง ดังนั้นจึงให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแก่สารอื่นได้ยาก ในที่นี้คลอรีนจึงรับอิเล็กตรอนจากโซเดียมหนึ่งอิเล็กตรอน ทำให้กลายไปเป็นไอออนลบที่เสถียรเนื่องจากมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ดังนั้นเมื่อโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันจะทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่ต่างกันเกิดเป็นพันธะไอออนิก ดังแสดงในภาพที่ 4.14

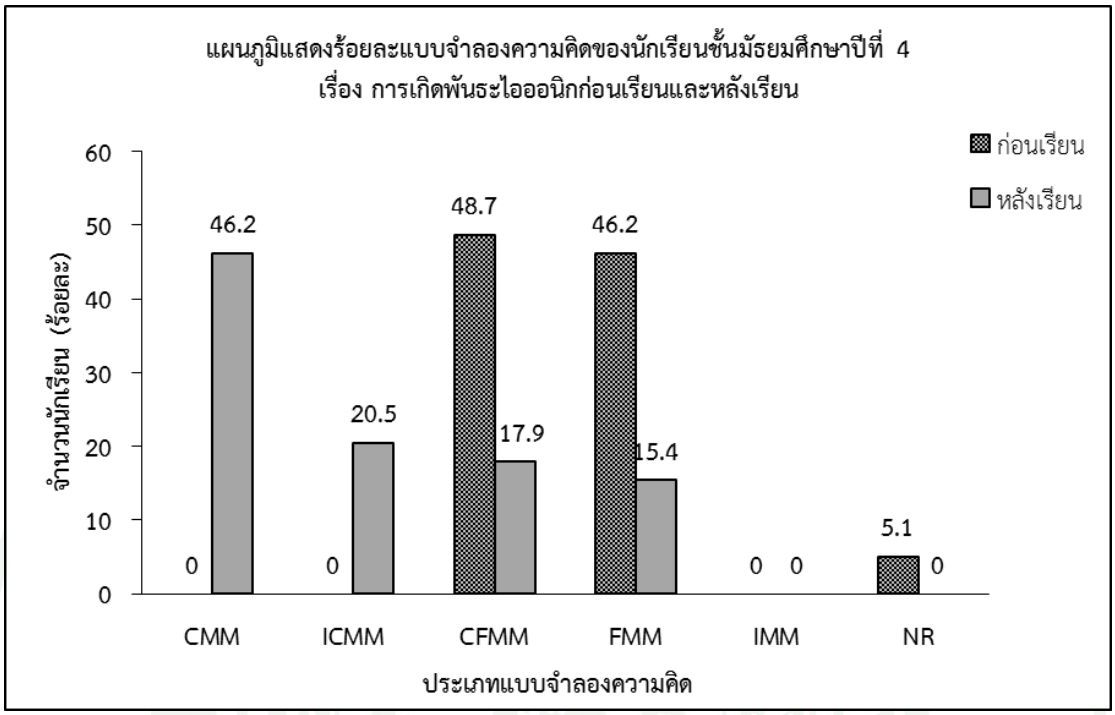


ภาพที่ 4.14 ภาพแบบจำลองแสดงการเกิดพันธะไอออนิก

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะไอออนิกที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 1 (ภาคผนวก ข) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพที่ 4.15 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 48.7 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 46.2 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 46.2 และนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 17.9 เช่นเดียวกับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ที่ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 15.4 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องการเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธะไอออนิกเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) ภายหลังจากการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน



ภาพที่ 4.15 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะไอออนิกของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยนักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งคิดว่าพันธะไอออนิกเกิดจากการให้และการรับอิเล็กตรอน (จำนวน 8 คน) โดยนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.16 ก พร้อมทั้งเขียนอธิบายว่า “เป็นพันธะไอออนิกเป็นการรวมตัวกันของสารที่เป็นโลหะกับอโลหะ เนื่องจากโซเดียมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนหนึ่ง ส่วนคลอรีนเจ็ด ดังนั้นโซเดียมจึงให้อิเล็กตรอนกับคลอรีนเท่ากับหนึ่ง คลอรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับแปดจึงอยู่ในสภาพที่เสถียร” ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่าสารประกอบไอออนิกยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไอออนบวกกับไอออนลบ (จำนวน 10 คน) โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.16 ข และเขียนอธิบายว่า “ธาตุ Na มีขั้วเป็นบวก ธาตุ Cl มีขั้วลบเพราะทั้งสองธาตุนี้ต้องมีขั้วต่างกันจึงจะจับคู่เป็นสารประกอบได้ โดยใช้พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะยึดเหนี่ยว”

ก ข

ภาพที่ 4.16 แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) วาดภาพก่อนเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนใกล้เคียงกันที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่า ในสารประกอบไอออนิกมีพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน (จำนวน 14 คน) โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.17 ก ประกอบคำอธิบายว่า “เกิดจากการยึดเกาะโซเดียมและคลอรีนจึงเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์เพราะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน” และนักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เข้าใจว่า สารประกอบไอออนิกยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบ (จำนวน 4 คน) ซึ่งนักเรียนวาดภาพที่ 4.17 ข พร้อมทั้งเขียนอธิบายว่า “พันธะไฮโดรเจนเชื่อมกันโดย NaCl เกิดจากสารประกอบสองชนิดคือ Na และ Cl ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้เป็นสารที่มีขั้วแตกต่างกันซึ่ง Na มีขั้วบวก Cl มีขั้วลบ ดังนั้นจึงดึงดูดกันโดยจะหันขั้วบวกเข้าหาขั้วลบและจะหันขั้วลบเข้าหาขั้วบวก”

ก ข

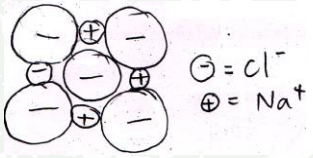
ภาพที่ 4.17 แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) วาดภาพก่อนเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะไอออนิกของนักเรียนภายหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถวาดภาพ ดังภาพที่ 4.18 และอธิบายได้ถูกต้องว่า พันธะไอออนิกเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบที่เสถียร (จำนวน 18 คน) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“การให้อิเล็กตรอนของโซเดียมทำให้กลายเป็นโซเดียมไอออนและคลอรีนรับอิเล็กตรอนจากโซเดียมทำให้กลายเป็นคลอไรด์ไอออน จากนั้นไอออนบวก (Na^+) และไอออนลบ (Cl^-) จะดึงดูดกันทำให้เกิดเป็นพันธะไอออนิกโดยไอออนบวกและไอออนลบจะอยู่สลับกัน” (sf-12 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“โซเดียมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับหนึ่ง คลอรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเจ็ดซึ่งโซเดียมง่ายที่จะเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนจึงทำให้โซเดียมเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนให้แก่คลอรีนทำให้โซเดียมมีประจุเป็นบวก คลอรีนมีประจุเป็นลบ และทั้งสองมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับแปดทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกกับประจุลบอยู่สลับกันอย่างไม่มีที่สิ้นสุดด้วยพันธะไอออนิก” (sf-12 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

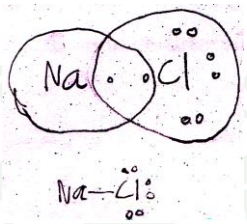


ภาพที่ 4.18 แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) วาดภาพหลังเรียน

อย่างไรก็ตาม หลังจากนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว ถึงแม้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดให้มีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น แต่ยังพบว่า มีนักเรียน ร้อยละ 15.4 ที่ยังมีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) ซึ่งนักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งเข้าใจว่า พันธะไอออนิกเกิดจากธาตุมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปดตามกฎออกเตต (จำนวน 3 คน) ดังตัวอย่างภาพที่ 4.19 ซึ่งเป็นภาพที่นักเรียนวาดเพื่อประกอบคำอธิบายความเข้าใจในการเกิดพันธะไอออนิกของตนเองดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“พันธะเดี่ยวเพราะโซเดียมอยู่หมู่หนึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับหนึ่งสามารถให้ได้แค่หนึ่ง โซเดียมซึ่งไปยืมอิเล็กตรอนของคลอรีนมาหนึ่งก็ถือว่าครบเสถียรแล้ว เป็นไปตามกฎออกเตต ส่วนคลอรีนอยู่หมู่เจ็ดมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเจ็ดยังขาดอิเล็กตรอนอยู่หนึ่งตัวจึงไปยืมอิเล็กตรอนของโซเดียมมาหนึ่งอิเล็กตรอนจึงทำให้คลอรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปดเสถียรแล้ว เป็นไปตามกฎออกเตตซึ่งทั้งสองคู่ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน” (sf-12 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

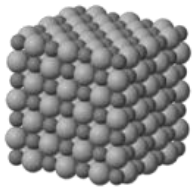


ภาพที่ 4.19 แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) วาดภาพหลังเรียน

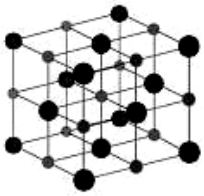
2.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยให้นักเรียนเลือกภาพแบบจำลองผลึกของของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 4 ภาพ คือ ภาพ ก ข ค และ ง ตามลำดับ (ภาคผนวก ข) จากนั้นถามว่าเมื่อนำผลึกของสารประกอบนี้ไปตรวจด้วยเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงจนสามารถทำให้มองเห็นการจัดเรียงอนุภาคของสารที่เป็นองค์ประกอบในผลึก ภาพที่มองเห็นควรจะมีลักษณะตามแบบจำลองในภาพใด พร้อมทั้งให้อธิบายเหตุผลประกอบคำตอบว่าเพราะเหตุใดจึงทำให้มองเห็นเป็นเช่นนั้น โดยแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ ภาพที่มองเห็นควรจะมีลักษณะตามภาพในข้อ ก. และ ง. ดังภาพที่ 4.20 เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์เป็นสารประกอบไอออนิก เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งสารประกอบดังกล่าวจะจัดเรียงตัวของไอออนบวก (Na^+) และไอออนลบ (Cl^-) สลับกันไปอย่างต่อเนื่องทั้งสามมิติเกิดเป็นโครงผลึกที่แยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวไม่ได้ ในโครงผลึกของโซเดียมคลอไรด์ พบว่า Na^+ แต่ละไอออน จะถูกล้อมรอบด้วย Cl^- จำนวน 6 ไอออน และ Cl^- แต่ละไอออนก็จะถูกล้อมรอบด้วย Na^+ จำนวน 6 ไอออน เช่นกัน ดังนั้นสารประกอบโซเดียมคลอไรด์จึงมีอัตราส่วนอย่างต่ำของ $Na^+ : Cl^-$ เป็น 1:1 ทำให้โซเดียมคลอไรด์มีสูตรเอมพิริคัลเป็น NaCl

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพข้อ ก.

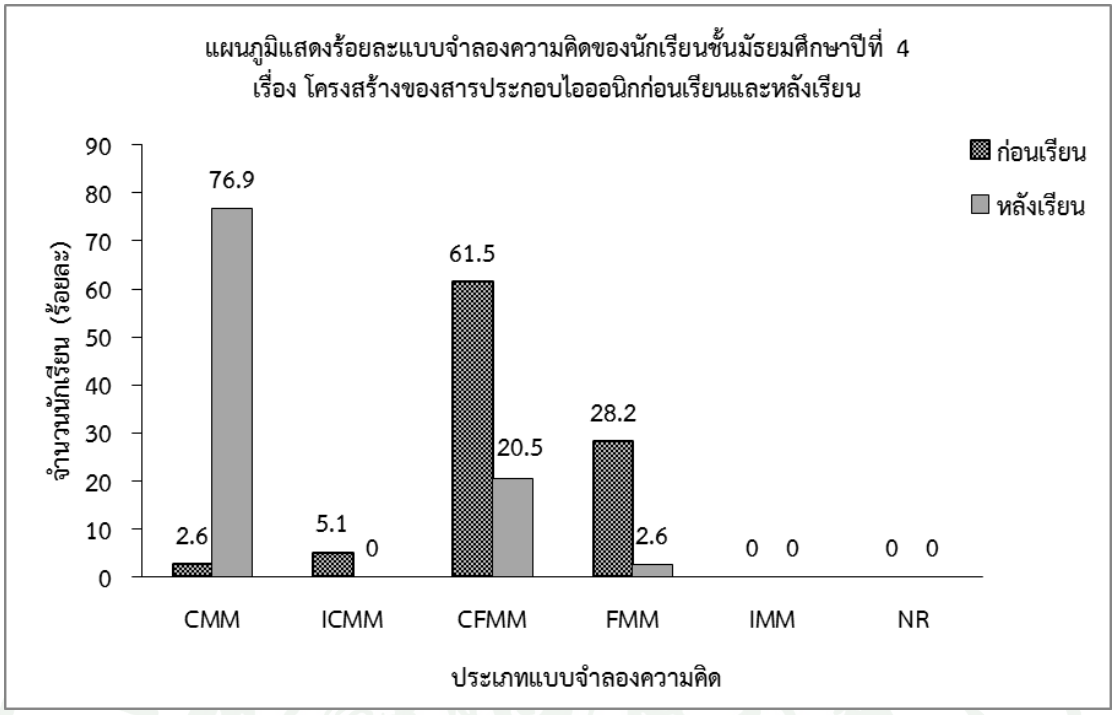


ภาพข้อ ง.

ภาพที่ 4.20 ภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

จากผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ผลที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.21 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 61.5 รองลงมามีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 28.2 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียง ร้อยละ 2.6 (จำนวน 1 คน) เท่านั้นที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สังเกตได้จากนักเรียนส่วนใหญ่ มีแบบจำลองความที่ถูกต้อง (CMM) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 76.9 และยังพบอีกว่านักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) มีจำนวนลดลงจากเดิมเหลือเพียงร้อยละ 20.5 เช่นเดียวกับนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ที่ลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 2.6 (จำนวน 1 คน) เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4.21 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยนักเรียนในกลุ่มนี้สามารถเลือกภาพของแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ได้ถูกต้องว่าภาพที่เห็นควรจะเป็นภาพในข้อ ก หรือภาพในข้อ ง แต่เหตุผลที่อธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่เลือกภาพในข้อ ก ส่วนหนึ่งเข้าใจว่า โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกอนุภาคจะอยู่ชิดกันและจับตัวกันอย่างหนาแน่นเหมือนกับของแข็งโดยทั่ว ๆ ไป (จำนวน 10 คน) และนักเรียนอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่า โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกอนุภาคจะอยู่ชิดกัน และยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ (จำนวน 4 คน) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“ข้อ ก เพราะผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์เป็นอนุภาคที่เล็ก และยึดเกาะกันเป็นกลุ่ม” (sf-14 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“ภาพ ก เนื่องจากพันธะที่ทำธาตุทั้งสองยึดเหนี่ยวกัน คือ พันธะโคเวเลนต์และพันธะที่เห็นในภาพ ก คือ พันธะโคเวเลนต์ และผลึกของสารประกอบนี้เป็นของแข็งอนุภาคจึงเรียงยึดเหนี่ยวกันแน่นดังภาพ ก” (sf-11 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ส่วนนักเรียนกลุ่มที่เลือกภาพในข้อ ง เข้าใจว่าโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกอะตอมจะรวมกันอยู่อย่างหลวม ๆ (จำนวน 10 คน) โดยนักเรียนอธิบายว่า “เพราะสารประกอบไอออนิกง่ายต่อการละลาย ดังนั้นอะตอมจะไม่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเหมือนกับภาพ ก” แสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มที่เลือกภาพแบบจำลองในข้อ ก และ ง นี้เข้าใจโครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์เพียงในระดับมหภาค (Macroscopic level) เท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 20.5 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ซึ่งนักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่าโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกจะมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (จำนวน 4 คน) นักเรียนระบุว่า “ภาพที่เห็นควรเป็นภาพข้อ ค. เพราะภาพอื่น ๆ ก็เป็นแค่ภาพแบบจำลองที่สร้างขึ้น” จากลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น นักเรียนสามารถเลือกภาพแบบจำลองที่ใช้อธิบายโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้องว่าควรเป็นภาพในข้อ ก และ ข้อ ง โดยนักเรียนระบุเหตุผลว่า เนื่องจากโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบสลับกันไปทั้งสามมิติ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถบ่งชี้อัตราส่วนในการรวมกันของไอออนบวกและไอออนลบในโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ได้ถูกต้อง รวมทั้งระบุถึงความแตกต่างของขนาดไอออนได้ว่า ไอออนบวกมีขนาดไอออนเล็กกว่าไอออนลบ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“เป็นภาพ ก ผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์จะเรียงตัวกันอยู่เป็นระเบียบโดยจะมีประจุบวกกับประจุลบจะสลับกันอยู่ไปเรื่อย ๆ ทั้งสามมิติ สารประกอบโซเดียมคลอไรด์จะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิก” (sf-10 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“ภาพ ง เพราะมีการจัดเรียงแบบสามมิติโดย Na^+ แทนจุดสีดำขนาดเล็ก และ Cl^- แทนจุดสีดำขนาดใหญ่ Na^+ จะถูกล้อมรอบด้วยไอออนของ Cl^- 6 ไอออนและไอออนของ Na^+ จะล้อมรอบ Cl^- 6 ไอออนจึงมีการเรียงสลับกันเป็นแบบสามมิติและมีอัตราส่วนอย่างต่ำเป็น 1:1” (sf-30 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“ภาพ ก และ ง เพราะ NaCl จะมีไอออนบวก (Na^+) และไอออนลบ (Cl^-) โดย Na^+ จะมีขนาดเล็ก และ Cl^- จะมีขนาดใหญ่ และไอออนบวกและลบจะอยู่สลับกันทั้งสามมิติ Na^+ จะถูกล้อมรอบด้วย Cl^- อยู่ 6 ไอออน และ Cl^- จะถูกล้อมรอบด้วย Na^+ 6 ไอออนเช่นกันทำให้มีอัตราส่วน 1:1 และยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิก” (sf-12 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่านักเรียนจะผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาแล้ว แต่ยังคงพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งเข้าใจว่า ภายในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกไอออนบวกและไอออนลบจะอยู่สลับกันและยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ (จำนวน 3 คน) ขณะที่นักเรียนจำนวนหนึ่งของกลุ่มนี้เข้าใจว่า ไอออนบวกและไอออนลบในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนนิกจะอยู่ห่างกัน (จำนวน 2 คน) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“ก เพราะภาพ ก สามารถอธิบายการเกิด NaCl ได้ชัดเจน คือ Na^+ จะมีอะตอมขนาดเล็กและ Cl^- จะมีอะตอมขนาดใหญ่ ซึ่งภาพ ก จะทำให้มองเห็นความแตกต่างระหว่างอะตอมได้ดีกว่าภาพอื่นและ NaCl จะยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์มีการสลับกันอยู่ระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบทำให้มองเห็นผลึกของ NaCl เป็นภาพ ก” (sf-24 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“ภาพ ง เพราะธาตุ (NaCl) จะมีประจุบวกและประจุลบดึงดูดซึ่งกันและกัน ภาพ ง ทำให้เรามองเห็นโครงสร้างภายในว่าบวกและลบจะไม่อยู่ชิดติดกัน” (sf-8 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

2.3 การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก

แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนโดยกำหนดให้นักเรียนพิจารณาภาพการเปลี่ยนแปลงของเข็มที่อยู่บนหน้าปัดของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้า เมื่อนำไปวัดขณะที่สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) อยู่ในรูปผลึกของแข็งและอยู่ในสภาพของสารละลาย จากนั้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น พร้อมทั้งวาดภาพเพื่อแสดงอนุภาคของสาร แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารประกอบไอออนิก ดังนั้นเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า เนื่องจากไอออนที่เป็นองค์ประกอบในโครงผลึก คือ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรงด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าจนทำให้ไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ แต่เมื่อนำผลึกของแคลเซียมคลอไรด์ไปทำให้เป็นสารละลาย โดยนำไปละลายในน้ำจะทำให้จะทำให้ไอออนบวก (Ca^{2+}) และไอออนลบ (Cl^-) ที่เป็นองค์ประกอบในโครงผลึกแยกออก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

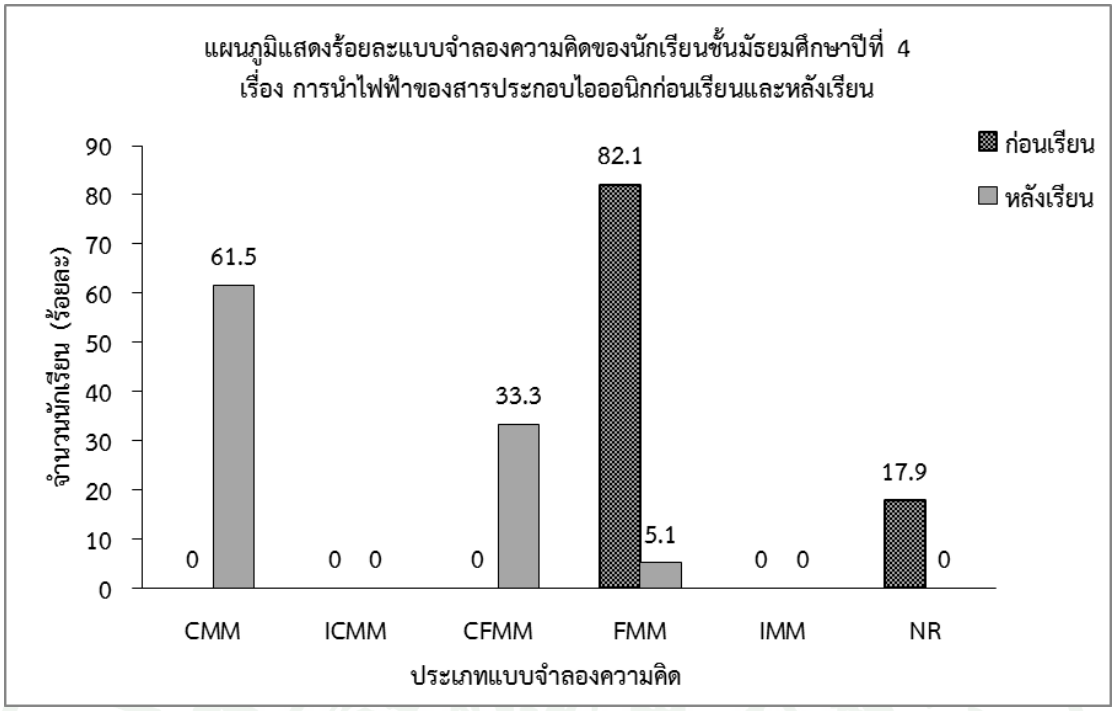
จากกันและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นจึงทำสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ที่อยู่ในสภาพของสารละลายนำไฟฟ้าได้ และในขณะที่ตรวจการนำไฟฟ้าไอออนบวก (Ca^{2+}) จะเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบและไอออนลบ (Cl^-) จะเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังภาพที่ 4.22 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 82.1 นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่เหลืออีกร้อยละ 17.9 ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) และเป็นที่น่าแปลกใจว่าไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แต่หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้วนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงเหลือเพียงแค่ร้อยละ 5.1 (จำนวน 2 คน) และมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 61.5 นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR)

แบบจำลองความคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) โดยนักเรียนได้พยายามนำเอาความรู้เดิมเกี่ยวกับตัวนำไฟฟ้าและประสบการณ์ที่พบเห็นในชีวิตเกี่ยวกับการนำไฟฟ้ามาใช้อธิบายการไม่นำไฟฟ้าและการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสภาพของสารละลาย นักเรียนร้อยละ 56.4 ของกลุ่มนี้เข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกที่อยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากสารดังกล่าวไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า และการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกที่อยู่ในสภาพสารละลายเกิดจากน้ำซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.23 ก แสดงอนุภาคของสารที่อยู่ในสถานะของแข็งและภาพที่ 4.23 ข แสดงอนุภาคสารเมื่ออยู่ในสภาพสารละลาย พร้อมทั้งอธิบายว่า

“เหตุที่ผลึกของสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ไม่นำไฟฟ้า และสารละลายของสารแคลเซียมคลอไรด์นำไฟฟ้าได้เพราะเพียงแค่แคลเซียมคลอไรด์นั้นนำไฟฟ้าไม่ได้ แต่เมื่อนำมาละลายกับน้ำแล้วจะนำไฟฟ้าได้เพราะน้ำเป็นสารประกอบที่นำไฟฟ้า” (sf-11 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4.22 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

“นำไฟฟ้าได้เพราะภาพ ข มีน้ำเป็นตัวทำละลายซึ่งน้ำเป็นตัวนำไฟฟ้าจึงทำให้ภาพ ข นำฟ้าได้ ที่ภาพ ก นำไฟฟ้าไม่ได้เพราะไม่มีตัวนำไฟฟ้า” (sf-20 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ก ข

ภาพที่ 4.23 แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ของนักเรียนเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสภาพสารละลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ (จำนวน 5 คน) เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากความไม่บริสุทธิ์ของสารละลาย นักเรียนอธิบายว่า “เมื่อนำผลึกมาละลายน้ำซึ่งผลึกของสารประกอบนั้นเป็นสารที่บริสุทธิ์เมื่อละลายน้ำเป็นสารไม่บริสุทธิ์จะทำให้เกิดนำไฟฟ้าได้” และยังพบนักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้ (จำนวน 2 คน) เข้าใจว่า การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกกับน้ำ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ยังเป็นผลึกอยู่ไม่สามารถวัดพลังงานได้ แต่เมื่อนำมาละลายกับน้ำแล้ววัดสภาพการนำไฟฟ้าแล้ว พบว่าเข็มเบนไปจากเลขศูนย์เพราะเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งน้ำทำกับแคลเซียมคลอไรด์ทำให้เกิดเป็นพลังงานขึ้นมาได้” (sf-13 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

แบบจำลองความคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น นักเรียนกลุ่มนี้เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกเกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบที่อยู่ในสารละลาย โดยนักเรียนได้วาดภาพที่ 4.24 ก แทนอนุภาคของสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์เมื่ออยู่ในสถานะของแข็ง และภาพที่ 4.24 ข แทนอนุภาคของสารเมื่อแคลเซียมคลอไรด์อยู่ในสภาพสารละลาย พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบดังนี้

“การที่ผลึกของ $CaCl_2$ ไม่นำไฟฟ้า เพราะผลึกเรียงกันแน่นทำให้ไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้นี่คือสาเหตุที่ผลึกไม่นำไฟฟ้า เมื่อนำผลึก $CaCl_2$ ไปละลายน้ำปรากฏว่าสารละลาย $CaCl_2$ นำไฟฟ้า เนื่องจากเข็มเบนไปจากเลขศูนย์เป็นเพราะเมื่อละลายน้ำทำให้อนุภาคก็คือไอออนเคลื่อนที่ได้โดยไอออนบวกวิ่งไปที่ขั้วลบไอออนลบเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกการที่ไอออนเคลื่อนที่ไปคนละขั้วทำให้เกิดไฟฟ้าทำให้สารละลาย $CaCl_2$ นำไฟฟ้าได้” (sf-11 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“$CaCl_2$ เมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้าเพราะไอออนบวกและลบไม่มีการเคลื่อนที่ แต่เมื่อถูกนำไปละลายน้ำ $CaCl_2$ จะแตกตัวเป็นไอออนบวก (Ca^{2+}) และไอออนลบ (Cl^-) และสามารถเคลื่อนที่ได้เมื่อนำเครื่องไปตรวจสภาพการนำไฟฟ้า ไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบและไอออนลบจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกทำให้เครื่องตรวจสภาพการนำไฟฟ้าเบนไปจากเลขศูนย์” (sf-12 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก ข

ภาพที่ 4.24 แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ของนักเรียนเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสภาพสารละลาย

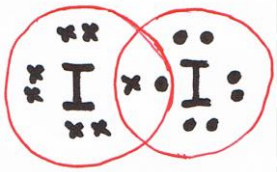
อย่างไรก็ตามหลังจากการเรียนรู้ผ่านไปแล้ว พบว่า มีนักเรียนกลุ่มหนึ่ง ร้อยละ 33.3 ที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยนักเรียนในกลุ่มนี้สามารถวาดภาพแบบจำลองแสดงอนุภาคของสารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสารละลายได้ถูกต้องเช่นเดียวกับภาพที่ 4.24 ก และ ข แต่นักเรียนอธิบายเหตุผลของการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ (จำนวน 6 คน) เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกมีลักษณะเช่นเดียวกับการนำไฟฟ้าของโลหะ นักเรียนอธิบายว่า “การนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน” นักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้ (จำนวน 3 คน) เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกเกิดจากความบริสุทธิ์ของน้ำกลั่น นักเรียนอธิบายว่า “เมื่อนำผลึกของแคลเซียมคลอไรด์ไปละลายน้ำแล้ววัดสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายจะพบว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์นำไฟฟ้าเพราะน้ำกลั่นเป็นน้ำที่บริสุทธิ์กว่าสามารถนำไฟฟ้า” นักเรียนส่วนที่เหลือของกลุ่มนี้เข้าใจว่า การนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกเกิดจากสารอยู่ในสถานะของเหลวและความไม่บริสุทธิ์ของสาร ซึ่งนักเรียนระบุว่า “เมื่อนำสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ มาละลายน้ำก็จะได้สารละลายที่ไม่บริสุทธิ์ เมื่อนำไปวัดสภาพการนำไฟฟ้าจึงเกิดการเปลี่ยนแปลง (นำไฟฟ้า) เพราะอยู่ในสถานะของเหลวและเป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์” ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างที่ จัดกิจกรรมผู้วิจัยให้นักเรียนทำการทดลองวัดสภาพการนำไฟฟ้าของสารบริสุทธิ์สองชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ที่อยู่ในสถานะของแข็งและน้ำกลั่น พบว่าสารทั้งสองชนิดไม่นำไฟฟ้า จากนั้นผสมนำกลั่นเข้ากับแคลเซียมคลอไรด์เกิดเป็นสารละลาย (สารไม่บริสุทธิ์) แล้วนำไปวัดสภาพการนำไฟฟ้า พบว่าสารดังกล่าวนำไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากที่นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมแล้ว ยังมีนักเรียนส่วนหนึ่ง (จำนวน 2 คน) ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) โดยนักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงอนุภาคของสารประกอบไอออนิกเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและสารละลายไม่ถูกต้องและคิดว่าการนำฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากการจัดเรียงตัวของไอออนบวกและไอออนลบของสารละลาย ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“เมื่อนำผลึกของสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) มาวัดสภาพการนำไฟฟ้า พบว่าเข็มของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงเพราะผลึกของแคลเซียมคลอไรด์ที่นำมาทดลองนั้น ไอออนบวกและไอออนลบอยู่กันอย่างกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ แต่เมื่อนำไปละลายน้ำแล้ววัดสภาพการนำไฟฟ้าก็จะมีการนำไฟฟ้าเพราะภายในน้ำมีการดึงดูดไอออนที่เป็นประจุบวกให้ไปอยู่กับไอออนที่เป็นประจุลบและไอออนลบจะไปอยู่กับไอออนบวก” (sf-15 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

2.4 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยให้นักเรียนนักเรียนพิจารณาภาพผลึกของไอโอดีนแล้วให้บอกชนิดของพันธะและอธิบายถึงการสร้างพันธะของอะตอมไอโอดีน (I) ในโมเลกุลของไอโอดีน (I_2) 1 โมเลกุล พร้อมทั้งให้เขียนโครงสร้างประกอบ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) คือ อะตอมไอโอดีนในโมเลกุลของไอโอดีนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของธาตุไอโอดีนซึ่งเป็นธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง ทำให้เสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนได้ยาก ไอโอดีน 1 อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 ดังนั้นไอโอดีนแต่ละอะตอมจึงนำเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน 1 คู่ ทำให้ไอโอดีนแต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่งเป็นสภาพที่เสถียรตามกฎออกเตต การที่อะตอมของไอโอดีนนำเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน 1 คู่ ในทางเคมีจะเรียกว่า เกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดพันธะเดี่ยว ซึ่งเขียนแทนด้วยสูตรลิวอิส ดังภาพที่ 4.25

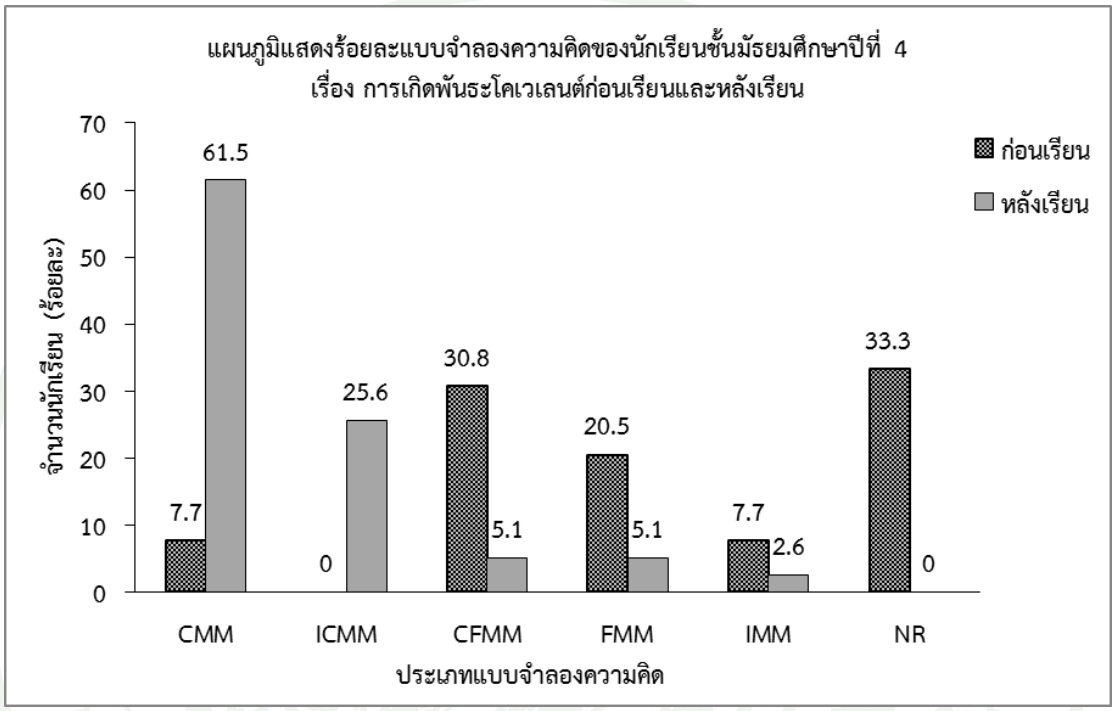


ภาพที่ 4.25 แบบจำลองโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลของไอโอดีน 1 โมเลกุล

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 4.26 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 33.3 รองลงมามีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 30.8 และแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 20.5 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 7.7 เท่านั้นที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.5 รองลงมานักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 25.6 และนอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) และแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงเหลือเพียงแค่ร้อยละ 5.1 (จำนวน 2 คน) เท่ากัน



ภาพที่ 4.26 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นักเรียนกลุ่มนี้ไม่เขียนอธิบายข้อความใด ๆ และไม่วาดภาพแบบจำลองโครงสร้างของโมเลกุลไอโอดีน นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งมีแบบจำลองความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) กลุ่มนี้เข้าใจว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมหลาย ๆ อะตอมรวมกันเป็นกลุ่ม ดังนั้นนักเรียนจึงวาดภาพแบบจำลองและอธิบาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกิดพันธะโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง นักเรียนวาดภาพที่ 4.27 ก และระบุเพียงแค่ว่า “โครงสร้างโมเลกุลของไอโอดีนหนึ่งโมเลกุลอะตอมจะอยู่กันเป็นกลุ่มจึงเกิดพันธะโคเวเลนต์” ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เข้าใจว่าในสารประกอบโคเวเลนต์มีพันธะไอออนิก (จำนวน 10 คน) นักเรียนจึงพยามยามวาดภาพแบบจำลองและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไอโอดีนจากลักษณะภายนอกของผลึกไอโอดีนที่มองเห็น โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.27 ข พร้อมกับอธิบายว่า “พันธะไอออนิกพันธะของอะตอมไอโอดีนมีลักษณะต่อกันเป็นทอด ๆ และจะมีรูพรุนในผลึกของไอโอดีน” ส่วนนักเรียนกลุ่มที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) วาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้องและเข้าใจว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้ครบตามกฎออกเตต

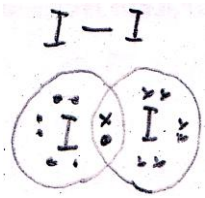
ก ข

ภาพที่ 4.27 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลไอโอดีน 1 โมเลกุล ของนักเรียนก่อนเรียน

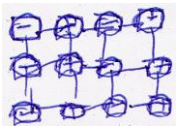
หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กล่าวคือ นักเรียนเข้าใจว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมซึ่งเกิดจากการนำเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันตามกฎออกเตต และนักเรียนวาดภาพแบบจำลองโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลของไอโอดีน 1 โมเลกุลได้ถูกต้อง ดังจะเห็นได้จากนักเรียนวาดภาพที่ 4.28 ก พร้อมทั้งอธิบายดังนี้

“ไอโอดีนจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ชนิดพันธะเดี่ยว โดยไอโอดีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 ต้องการอีก 1 จึงจะครบแปดตามกฎออกเตต ไอโอดีนมีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูงเสียอิเล็กตรอนได้ยาก จะเกิดการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันไอโอดีนใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ จึงเกิดเป็นพันธะเดี่ยว” (sf-35 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ก



ข

ภาพที่ 4.28 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลไอโอดีน 1 โมเลกุล ของนักเรียนหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนอีกร้อยละ 25.6 มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) นักเรียนวาดภาพแบบจำลองโครงสร้างลิวอิสได้ถูกต้องและระบุชนิดของพันธะได้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลการเกิดพันธะได้แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ โดยนักเรียนเข้าใจเพียงว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ดังนั้นนักเรียนจึงวาดภาพเช่นเดียวกับภาพที่ 4.28 ก พร้อมกับอธิบายว่า “ไอโอดีนสร้างพันธะด้วยกันเป็นพันธะเดี่ยว โดยที่อะตอมของไอโอดีนจะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน” อย่างไรก็ตามยังคงมีนักเรียนบางส่วน (จำนวน 2 คน) ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนกลุ่มนี้สับสนระหว่างแบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกกับแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวนต์ ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าในสารประกอบโคเวเลนต์มีพันธะไอออนิก ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงวาดภาพที่ 4.28 ข และอธิบายว่า “ภาพโครงสร้างโมเลกุลของไอโอดีนจะเห็นว่าจะอยู่อย่างเป็นระเบียบและดึงดูดอิเล็กตรอนระหว่างกันและเรียกว่าพันธะไอออนิก”

2.5 รูปร่างโมเลกุล

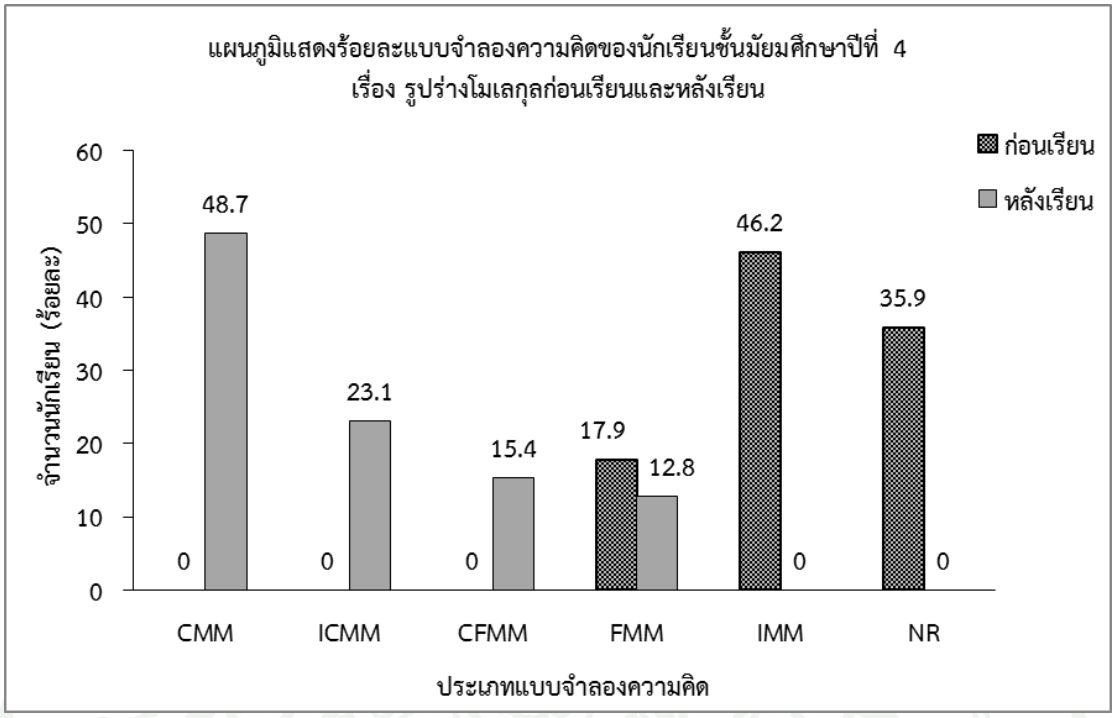
แบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องรูปร่างโมเลกุล ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนโครงสร้างโมเลกุลและบอกรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O) พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ Cl_2O มีรูปร่างโมเลกุลเป็นมุมงอ เนื่องจากรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง หรือทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้แบบจำลองการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงเวเลนซ์ (Valence Shell Electron Pair Repulsion model: VSEPR) ดังนั้นเมื่อเขียนโครงสร้างของลิวอิสของโมเลกุล Cl_2O โดยให้ O เป็นอะตอมกลางและ Cl เป็นอะตอมที่มาล้อมรอบสองอะตอม พบว่า O ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอนในการสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของ Cl 2 อะตอม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของ O กับ Cl จึงเป็นพันธะเดี่ยวและ O ซึ่งเป็นกลางจะเหลือเวเลนซ์อิเล็กตรอนอยู่ 4 อิเล็กตรอนหรือมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ 2 คู่ และอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ ดังนั้นตามแบบจำลอง VSEPR จึงทำนายได้ว่าโมเลกุลของ Cl_2O มีรูปร่างเป็นมุมงอ เนื่องจากแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะในโมเลกุล Cl_2O

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องรูปร่างโมเลกุล เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 4.29 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) คิดเป็นร้อยละ 46.2 รองลงมา นักเรียนไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 35.9 และนอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 17.9 เป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วเป็นที่น่าสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 48.7 รองลงมามีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 23.1 และนอกจากนี้ยังมีจำนวนนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงเหลือร้อยละ 12.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4.29 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องรูปร่างโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องรูปร่างโมเลกุลของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) นักเรียนทั้งหมดของกลุ่มนี้ไม่สามารถเขียนโครงสร้างโมเลกุลและทำนายรูปร่างโมเลกุลของ Cl_2O ได้ รวมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม ดังจะเห็นได้จากนักเรียนวาดภาพที่ 4.30 ก และระบุไว้เพียงแค่ว่า “โมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ประกอบด้วยธาตุสองชนิดคือคลอรีนและออกซิเจนและยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์”หรือ “ในโมเลกุลนี้มีออกซิเจนหนึ่งอะตอมและคลอรีนสองอะตอม” นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกกลุ่มที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) โดยนักเรียนในกลุ่มนี้ไม่วาดภาพและไม่เขียนบรรยายข้อความใด ๆ และยังพบอีกว่า มีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) โดยนักเรียนกลุ่มนี้พยายามเขียนโครงสร้างโมเลกุล ดังภาพที่ 4.30 ข พร้อมทั้งอธิบายรูปร่างโมเลกุลดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“รูปร่างของโมเลกุลไดคลอรีนมอนอกไซด์จะมีลักษณะเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ยึดเกาะกันเป็นกลุ่ม แต่จะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคนั้น” (sf-14 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ก ข

ภาพที่ 4.30 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O) ของนักเรียนก่อนเรียน

แบบจำลองความคิดเรื่องรูปร่างโมเลกุลของนักเรียนหลังจากที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) นักเรียนกลุ่มนี้เขียนโครงสร้างโมเลกุล บอกรูปร่างโมเลกุลและอธิบายเหตุผลที่ทำให้โมเลกุล Cl_2O มีรูปร่างเป็นมุมงอได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนกลุ่มนี้เข้าใจว่ารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทำนายได้จากจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อยู่รอบอะตอมกลาง ดังนั้นนักเรียนจึงวาดภาพที่ 4.31 ก และอธิบายเหตุผลเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลของ Cl_2O ดังนี้

“Cl_2O จะมีคลอรีนซึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 และออกซิเจนซึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 คลอรีนต้องการอีกหนึ่งอิเล็กตรอนจะครบแปดตามกฎออกเตต ดังนั้นจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกันกับออกซิเจน เมื่อออกซิเจนใช้อิเล็กตรอนร่วมกันกับคลอรีนจะเหลืออิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ 2 คู่ และอิเล็กตรอนคู่รวมพันธะ 2 คู่ รอบออกซิเจน เกิดแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวซึ่งจะมากกว่าแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงทำให้แขนงอลงจึงเกิดเป็นมุมงอ” (sm-1 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

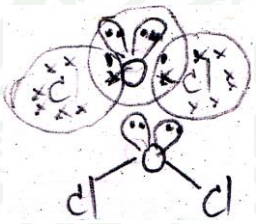
นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) ซึ่งนักเรียนวาดภาพโครงสร้างโมเลกุลและระบอกรูปร่างโมเลกุลของ Cl_2O ได้ถูกต้องว่าเป็นมุมงอ แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายยังไม่ครบสมบูรณ์ จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้เข้าใจว่า รูปร่างโมเลกุลสามารถทำนายได้จากจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น (จำนวน 6 คน) ในขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เข้าใจว่า รูปร่างโมเลกุลสามารถทำนายได้จากจำนวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

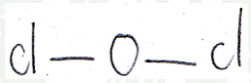
อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น (จำนวน 3 คน) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“เมื่อเขียนโครงสร้างโมเลกุลของ Cl_2O จะได้เป็นมุมงอเพราะออกซิเจนยังเหลืออิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่ จึงทำให้เกิดแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวผลักคลอรีนให้เกิดเป็นมุมงอ” (sf-38 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

“ออกซิเจนใช้อิเล็กตรอนสร้างพันธะร่วมกับคลอรีนข้างละหนึ่งอิเล็กตรอนเพราะออกซิเจนและคลอรีนจะได้มีอิเล็กตรอนครบแปด ทำให้สร้างพันธะข้างละ 1 คู่ ไม่ได้สร้างพันธะกัน 8 คู่ เกิดพันธะเดี่ยวผลักพันธะเดี่ยวทำให้เป็นมุมงอ” (sf-37 แบบวัดแบบจำลองความคิด)



ก



ข

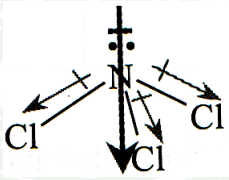
ภาพที่ 4.31 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O) ของนักเรียนหลังเรียน

อย่างไรก็ตามยังพบว่า มีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนวาดภาพแบบจำลองและบอกรูปร่างโมเลกุลของ Cl_2O ไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพที่ 4.31 ข และอธิบายว่า “รูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์เป็นเส้นตรงมีการสร้างพันธะระหว่างออกซิเจนและคลอรีนโดยที่ออกซิเจนเป็นอะตอมกลางคลอรีนเป็นอะตอมที่มาล้อมรอบใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่” จากลักษณะของคำตอบแสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้ไม่นำจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อยู่รอบอะตอมกลางมาใช้ทำนายรูปร่างโมเลกุล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 สภาพขั้วของโมเลกุล

แบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 6 ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนโครงสร้างโมเลกุลของโมเลกุลไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) แล้วทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลดังกล่าว พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) คือ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของพันธะและรูปร่างโมเลกุล ดังนั้นเมื่อเขียนโครงสร้างลิวอิสของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) จะพบว่า N เป็นอะตอมกลางและ Cl เป็นอะตอมที่มาล้อมรอบ จำนวน 3 อะตอมและพันธะระหว่างอะตอมของ N กับ Cl เป็นพันธะเดี่ยว 3 พันธะ และอะตอมกลาง คือ N จะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่ 1 คู่ ดังนั้นจึงทำให้ NCl_3 มีรูปร่างโมเลกุลเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยมซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่สมมาตร และเมื่อพิจารณาสภาพขั้วของพันธะระหว่าง N กับ Cl ซึ่งเป็นอะตอมต่างชนิดกันมีค่าอิเล็กโทเนกาติวิตีไม่เท่ากันจึงทำให้พันธะระหว่าง N กับ Cl เป็นพันธะมีขั้ว โดย Cl มีอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างลบ (δ^-) และ N มีอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างบวก (δ^+) ดังนั้นหากจะทำนายสภาพขั้วของโมเลกุล NCl_3 จึงต้องพิจารณาทั้งสภาพขั้วของพันธะและรูปร่างโมเลกุล ด้วยเหตุนี้เมื่อพิจารณาผลรวมของสภาพขั้วของพันธะแล้วพบว่าอำนาจของไฟฟ้าของขั้วพันธะทั้งสามหักล้างกันไม่หมดส่งผลให้ NCl_3 เป็นโมเลกุลมีขั้ว โดยมีทิศทางของขั้วของพันธะและทิศทางของขั้วของโมเลกุล ดังแสดงในภาพที่ 4.32

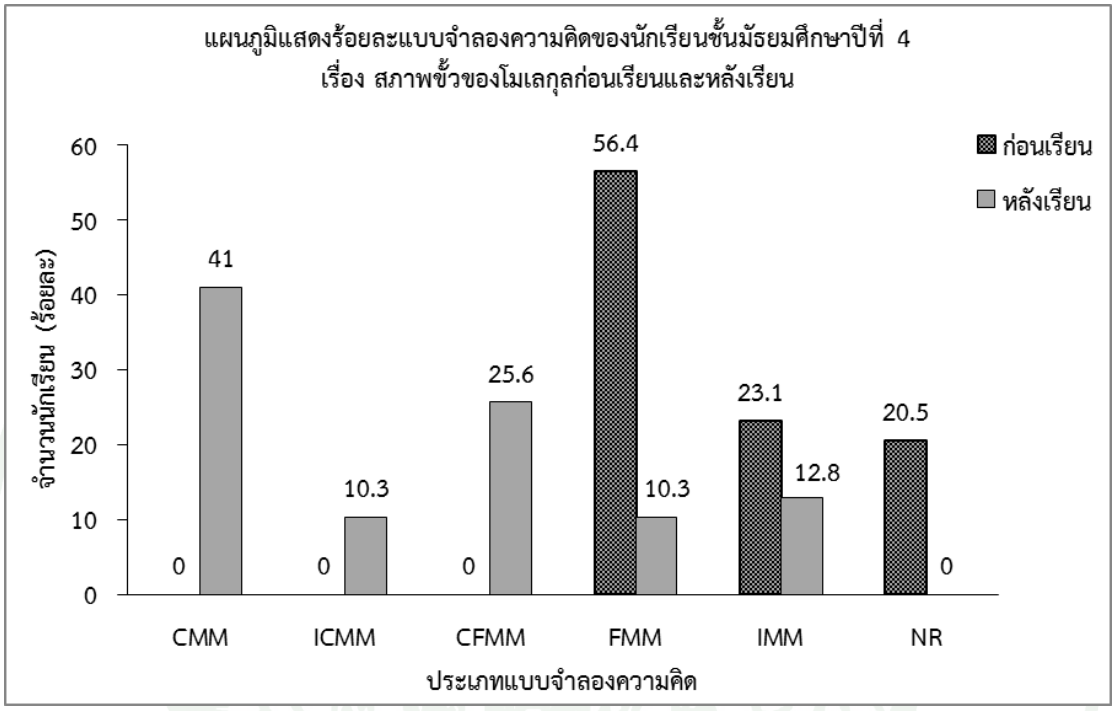


ภาพที่ 4.32 แบบจำลองสภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3)

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 4.33 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 56.4 รองลงมา มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) คิดเป็นร้อยละ 23.1 นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนที่ไม่แบบจำลองความคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 20.5 เป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีนักเรียนแม้แต่คนเดียวที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 41 รองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 25.6 และแบบจำลองความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ถูกต้องแต่มาสมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 10.3 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มีจำนวนลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10.3 จากข้อมูลเหล่านี้บ่งชี้ได้ว่าหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาแบบจำลองความคิดของตนเองไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล



ภาพที่ 4.33 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเขียนโครงสร้างโมเลกุล ทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลไนโตรเจน , ไตรคลอไรด์ (NCl_3) ได้ถูกต้อง รวมทั้งไม่ได้ใช้แนวคิดเกี่ยวกับสภาพขั้วของพันธะและรูปร่างของโมเลกุลมาอธิบายแบบจำลองโมเลกุลที่สร้างขึ้นมา นักเรียนกลุ่มนี้เข้าใจว่าสภาพขั้วของโมเลกุล คืออำนาจไฟฟ้าของแต่ละอะตอมที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล ดังนั้นนักเรียนจึงวาดภาพที่ 4.34 ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกอบคำอธิบายว่า “สภาพขั้วของโมเลกุลไนโตรเจนคลอไรด์เกิดจากธาตุไนโตรเจนซึ่งมีประจุบวกและคลอรีนซึ่งมีประจุลบมารวมกันซึ่งธาตุทั้งสองชนิดมีขั้วที่ต่างกัน” นักเรียนบางส่วนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) เนื่องจากนักเรียนวาดภาพแบบจำลองและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม โดยนักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เกิดความสับสนระหว่างพันธะไอออนิกกับพันธะโคเวเลนต์ ดังนั้นนักเรียนจึงวาดภาพที่ 4.34 ข ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิก มาใช้อธิบายและทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลโคเลนต์ พร้อมกับอธิบายว่า“เป็นพันธะไอออนิกเพราะสามารถดึงดูดกันได้จึงเกิดเป็นไนโตรเจนไตรคลอไรด์” นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนหนึ่งไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นักเรียนกลุ่มนี้ไม่วาดภาพและเขียนบรรยายข้อความใด ๆ ในแบบวัดแบบจำลองความคิด

ก ข

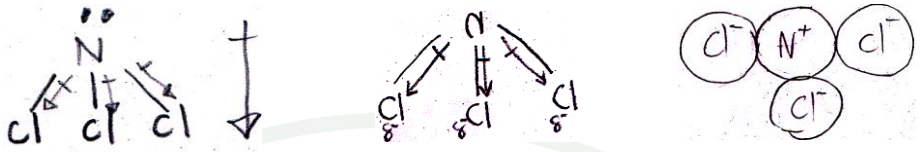
ภาพที่ 4.34 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสภาพขั้วโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) ของนักเรียนก่อนเรียน

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) เรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กล่าวคือ นักเรียนเข้าใจว่าการทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลนั้นจะต้องพิจารณาทั้งสภาพขั้วของพันธะร่วมกับรูปร่างของโมเลกุลประกอบกัน ดังจะเห็นได้จากนักเรียนทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลได้ถูกต้อง เนื่องจากวาดภาพแบบจำลองโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุล และระบุสภาพขั้วของพันธะในโมเลกุลไนโตรเจนไตรคลอไรด์ได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.35 ก และเขียนอธิบายเหตุผลประกอบในการพิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“ภายใน NCl_3 เป็นพันธะมีขั้วโดยไนโตรเจนมีอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างบวกและคลอรีนมีอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างลบเพราะไนโตรเจนมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีน้อยกว่าคลอรีนทำให้ลูกศรชี้ไปทางคลอรีน และ NCl_3 เป็นรูปร่างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ดังนั้นทำให้ NCl_3 เป็นโมเลกุลมีขั้วโดยมีค่าไดโพลโมเมนต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่เท่ากับศูนย์ คือ เมื่อนำสภาพขั้วของพันธะมาต่อกันแบบเวกเตอร์จะได้แรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์โดยทิศทางของขั้วโมเลกุลจะชี้ลงด้านล่าง” (sf-12 แบบวัดแบบจำลองความคิด)



ก ข ค

ภาพที่ 4.35 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสภาพขั้วโมเลกุลของไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) ของนักเรียนหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) กล่าวคือ นักเรียนเข้าใจว่า การทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลนั้นพิจารณาเฉพาะสภาพขั้วของพันธะในโมเลกุลเพียงเท่านั้น ดังที่นักเรียนอธิบายว่า “ไนโตรเจนไตรคลอไรด์เป็นโมเลกุลที่มีขั้วเพราะมีรูปร่างเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยมและทิศทางของโมเลกุลชี้ลง” แม้ว่านักเรียนกลุ่มนี้จะทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลได้ถูกต้องและวาดภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกับภาพที่ 4.35 ก แต่ถ้าหากเป็นโมเลกุลของสารอื่นนักเรียนอาจทำนายสภาพขั้วโมเลกุลไม่ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนไม่พิจารณาทั้งรูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุลประกอบกัน อย่างไรก็ตามยังพบว่า มีนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้บางส่วนเข้าใจว่า สภาพของพันธะและสภาพของโมเลกุลเป็นสิ่งเดียวกัน ดังที่นักเรียนวาดภาพที่ 4.35 ข และอธิบายว่า “ไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) ไนโตรเจนจะมีสภาพขั้วค่อนข้างบวก คลอรีนมีสภาพขั้วค่อนข้างลบ ดังนั้นทิศทางของขั้วพันธะจึงชี้ไปทางคลอรีน NCl_3 มีสภาพขั้วโมเลกุลแบบมีขั้วเพราะเป็นธาตุต่างชนิดกันมาสร้างพันธะกัน” แม้ว่านักเรียนจะวาดรูปร่างโมเลกุลและเขียนสภาพขั้วพันธะได้ถูกต้องแต่ก็ไม่ได้นำมาเป็นองค์ประกอบในการทำนายสภาพขั้วของโมเลกุล ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เข้าใจว่า สภาพขั้วของโมเลกุลทำนายได้จากสภาพขั้วของพันธะ ชนิดของอะตอมและจำนวนอะตอม นักเรียนวาดภาพเช่นเดียวกับภาพที่ 4.35 ข และอธิบายว่า “เนื่องจากไนโตรเจนมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีน้อยกว่าคลอรีนจึงทำให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ใกล้คลอรีนทำให้คลอรีนมีสภาพขั้วเป็นลบ เมื่อไนโตรเจนมีสภาพขั้วเป็นบวกจึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวพันธะจึงมีขั้ว และเนื่องจากมีอะตอมของธาตุ 2 ชนิด 3 อะตอมขึ้นไปทำให้โมเลกุลมีขั้ว” ยิ่งไปกว่านั้นยังพบอีกว่ามีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนกลุ่มนี้วาดรูปร่างโมเลกุลเป็นรูปสามเหลี่ยมแบนราบ และอธิบาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

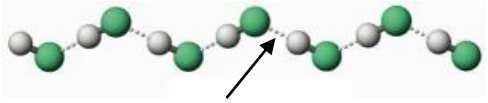
เพียงแค่ว่า “โครงสร้างของโมเลกุล NCl_3 คือ ประกอบด้วยไนโตรเจน 1 อะตอมและคลอรีน 3 อะตอม สภาพขั้วของโมเลกุลเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว” เป็นที่น่าสนใจว่ามีนักเรียนอีกบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้พยายามใช้แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกร่วมกับกฎออกเตตมาอธิบายสภาพขั้วของโมเลกุล และนักเรียนยังสับสนระหว่างการอธิบายโดยใช้พลังงานไอออไนเซชันกับค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีว่าแตกต่างกันอย่างไร (จำนวน 5 คน) ดังภาพที่ 4.35 ค และตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“NCl_3 คือเราจะเห็นว่าไนโตรเจนมีอะตอมล้อมรอบอยู่ 3 อะตอมคือคลอรีนแล้วคลอรีนจะเป็นประจุลบเพราะเกิดจากการเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนให้แก่ไนโตรเจนแล้วไนเตรเจนจะเป็นประจุบวกเพราะเกิดจากการรับอิเล็กตรอน ดังนั้นจะเห็นว่าธาตุแต่ละธาตุประสงค์ความเสถียร คือ ต้องการครบแปด” (sm-4 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

2.7 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

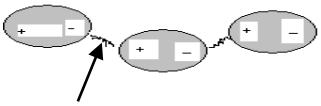
แบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลในตารางเพื่อเปรียบเทียบสมบัติเกี่ยวกับสภาพขั้วของโมเลกุลและจุดเดือดของสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) กับไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) จากนั้นให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดสารทั้งสองชนิดนี้จึงมีจุดเดือดแตกต่างกันมาก พร้อมทั้งให้วาดภาพโมเลกุลของสารประกอบการอธิบายแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) คือ จุดเดือดของสารมีความสัมพันธ์โดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้ HF และ HCl ซึ่งเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้วเหมือนกันทั้งสองชนิด แต่มีจุดเดือดที่แตกต่างกันมาก คือ ความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารในโมเลกุลของ HF จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีความแข็งแรงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างขั้วทั่ว ๆ ไป เกิดจากอะตอมของไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกับอะตอมของธาตุที่มีขนาดเล็กและมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง ได้แก่ F O และ N ดังภาพที่ 4.36 ก ในขณะที่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ HCl นั้นเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้วดังภาพที่ 4.36 ข ดังนั้นหากเปรียบเทียบความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทั้งสองชนิดนี้ พันธะไฮโดรเจนจะมีความแข็งแรงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างขั้ว ด้วยเหตุนี้จึงทำให้จุดเดือดของ HF แตกต่างกันมากกับจุดเดือดของ HCl

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



พันธะไฮโดรเจน

ก



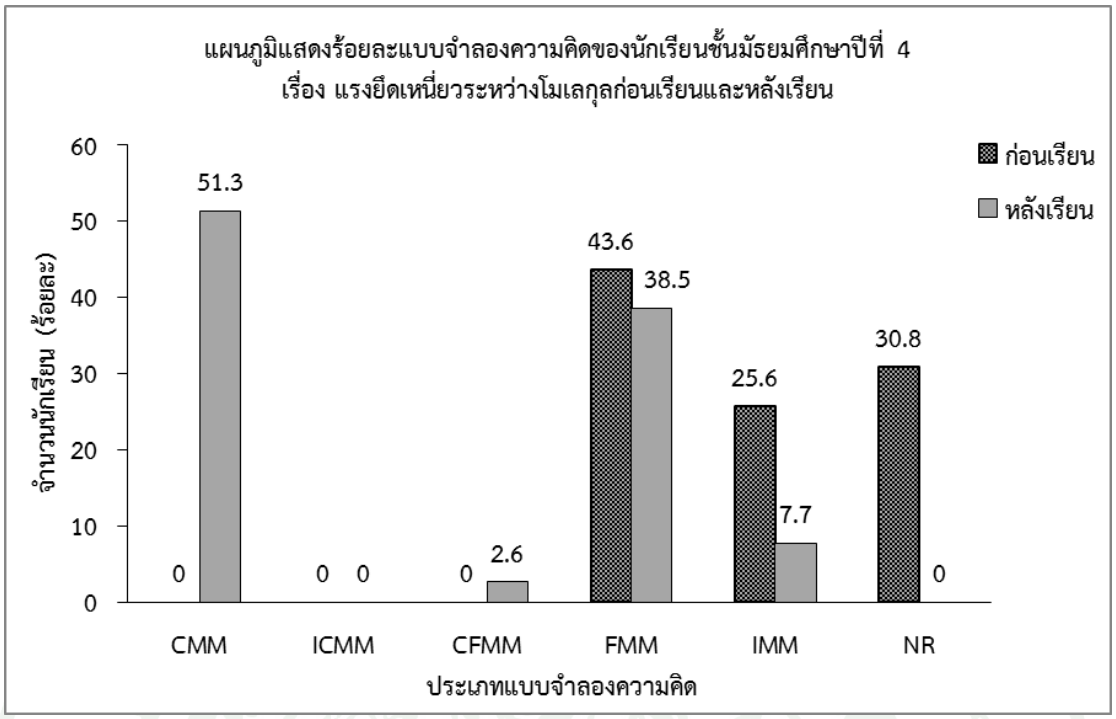
แรงดึงดูดระหว่างขั้ว

ข

ภาพที่ 4.36 แบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของพันธะไฮโดรเจนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 4.37 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 43.6 รองลงมานักเรียนที่ไม่แบบจำลองความคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 30.8 นอกจากแล้วยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) คิดเป็นร้อยละ 25.6 และเป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แต่ภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปแล้ว พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) อีกทั้งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้นที่สุดคิดเป็นร้อยละ 51.3 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนยังคงมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เหลืออยู่คิดเป็นร้อยละ 38.5 และยังพบอีกว่านักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) ลดลงจากเดิมเหลือเพียงร้อยละ 7.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4.37 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียน

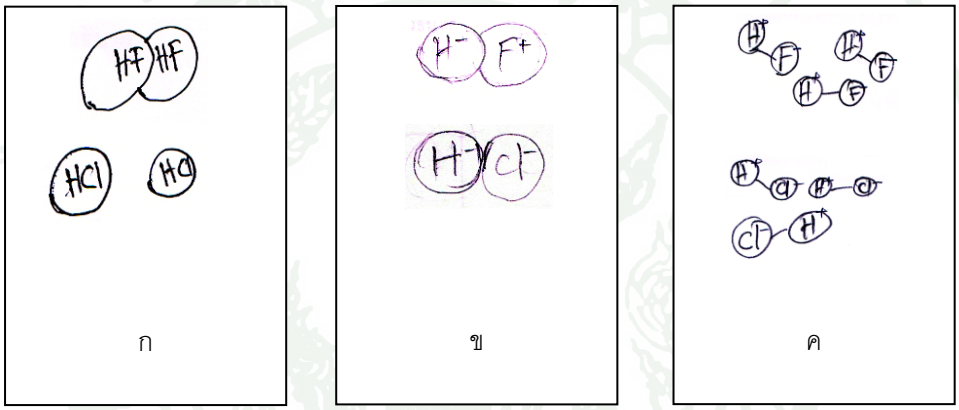
หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ นักเรียนไม่ได้นำแบบจำลองเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์มาใช้อธิบายจุดเดือดของสาร นักเรียนกลุ่มนี้พยายามนำเอาความรู้เดิมเกี่ยวกับการเรียงอนุภาคของสารและประสบการณ์ในชีวิตประจำวันมาอธิบายจุดเดือดของสาร ซึ่งจะสังเกตได้จากภาพที่ 4.38 ก ซึ่งนักเรียนวาดแบบจำลองโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ให้อยู่ชิดกัน ส่วนแบบจำลองโมเลกุลของไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ให้อยู่ห่างกัน พร้อมทั้งอธิบายว่า “โมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์จุดเดือดเท่ากับ 19 °C มีค่ามากโดยโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์จะอยู่ติดกันและไฮโดรเจนคลอไรด์มีจุดเดือด -85 °C มีค่าน้อยโมเลกุลจะไม่ติดกันปล่อยแยกขาดกัน” ขณะที่กลุ่มหนึ่งเข้าใจว่าจุดเดือดของสารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสลับซับซ้อนของโครงสร้าง ดังที่นักเรียนอธิบายว่า “เพราะสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์มีโครงสร้างที่ไม่สลับซับซ้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จึงมีจุดเดือดมากกว่าส่วนไฮโดรเจนคลอไรด์มีโครงสร้างที่สลับซับซ้อนมากกว่าไฮโดรเจนฟลูออไรด์ จึงมีจุดเดือดแตกต่างกันมาก” และนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งพยามอธิบายจุดเดือดของสารโดยใช้แรงผลักและแรงดึงดูดที่เกิดจากความเหมือนและความต่างของขั้วบวกกับขั้วลบ ดังภาพที่ 4.38 ข และอธิบายความแตกต่างของจุดเดือดของสารดังนี้

“สารประกอบแต่ละชนิดแตกต่างกันจึงมีจุดเดือดต่างกัน คือ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์มีขั้วที่แตกต่างกันจึงมีแรงยึดเหนี่ยวกันจึงมีจุดเดือดที่แตกต่างจากไฮโดรเจนคลอไรด์ที่มีขั้วเหมือนกัน ดังนั้นการที่ขั้วเหมือนกันและแตกต่างกันจึงมีผลต่อจุดเดือดต่างกันด้วย” (sf-20 แบบวัดแบบจำลองความคิด)



ภาพที่ 4.38 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ของนักเรียนก่อนเรียน

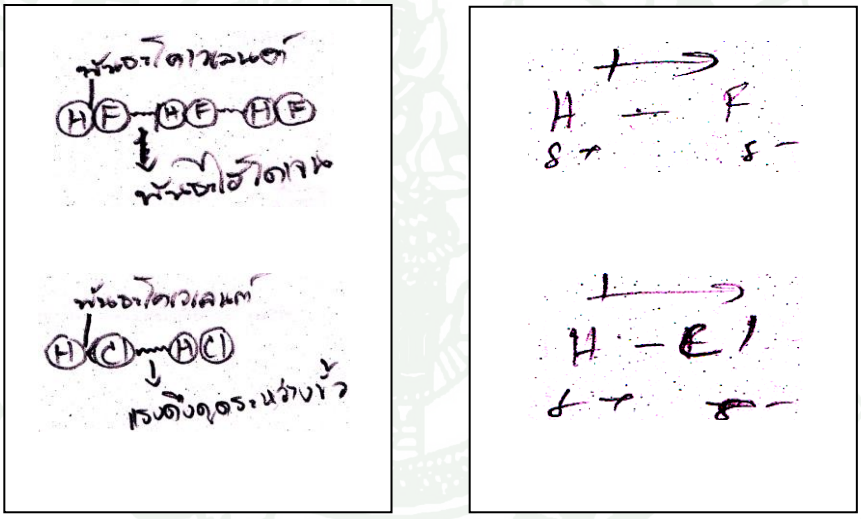
นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อโยง (IMM) กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มวาดภาพแบบจำลองและอธิบายเหตุผลไม่ตรงกับข้อคำถาม ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้ (จำนวน 5 คน) เข้าใจว่าธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลต่างกันทำให้สารโคเวเลนต์มีจุดเดือดแตกต่างกัน โดยวาดภาพที่ 4.38 ค พร้อมกับอธิบายว่า “เพราะเกิดจากธาตุที่ไม่เหมือนกันและไฮโดรเจนฟลูออไรด์อาจมีจุดเดือดมากกว่าไฮโดรเจนคลอไรด์ซึ่งไฮโดรเจนฟลูออไรด์อาจมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง”

หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กล่าวคือ นักเรียนใช้แบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารมาใช้อธิบายความแตกต่างระหว่างจุดเดือดของ HF กับ HCl ได้ถูกต้อง นักเรียนเข้าใจว่าจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ทำนายได้จากความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยแรงยึด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ HF เป็นพันธะไฮโดรเจน มีความแข็งแรงมากกว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ HCl ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว ดังนั้นจุดเดือดของสาร HF จึงมีค่าแตกต่างกันมาก HCl ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงวาดภาพที่ 4.39 ก และอธิบายเหตุผลความแตกต่างของจุดเดือด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“เหตุที่สารทั้งสองมีจุดเดือดแตกต่างกันมากทั้ง ๆ มีคุณสมบัติเหมือนกันคือมีไฮโดรเจนเหมือนกันและฟลูออรีนและคลอรีนอยู่หมู่เดียวกัน เป็นเพราะว่าไฮโดรเจนฟลูออไรด์ใช้พันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันระหว่างโมเลกุล ส่วนไฮโดรเจนคลอไรด์ใช้แรงดึงดูดระหว่างขั้วธรรมดา ด้วยเหตุนี้ไฮโดรเจนฟลูออไรด์จึงมีจุดเดือดสูงกว่าไฮโดรเจนคลอไรด์เพราะพันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงการที่จะมาทำลายแรงนี้ได้ต้องใช้อุณหภูมิสูง” (sf-20 แบบวัดแบบจำลองความคิด)



ภาพที่ 4.39 แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ของนักเรียนหลังเรียน

อย่างไรก็ตามยังพบว่า มีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มไม่ได้นำแบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาใช้ในการอธิบายจุดเดือดของสาร โดยพบว่า ภายในกลุ่มนี้ก็มีลักษณะของแบบจำลองความคิดที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่าจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ทำนายได้จากความแตกต่างของค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุที่มาสร้างพันธะกันของโมเลกุลโคเวเลนต์ (จำนวน 7 คน) นักเรียนวาดภาพที่ 4.39 ข และอธิบายว่า “เพราะไฮโดรเจนฟลูออไรด์มีค่าความต่างของค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากกว่าไฮโดรเจนคลอไรด์ ซึ่งค่าความต่างของค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีน้อยกว่าจึงทำให้ไฮโดรเจนคลอไรด์มีจุดเดือดต่ำกว่า" ขณะที่มีนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่าความแตกต่างของจุดเดือด HF และ HCl อธิบายได้จากมวลโมเลกุลของสาร (จำนวน 4 คน) ซึ่งอธิบายว่า "ที่สารทั้งสองชนิด คือ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์และไฮโดรเจนคลอไรด์มีจุดเดือดแตกต่างกันมากก็คือ มีมวลโมเลกุลที่ต่างกันหรือไม่เท่ากัน ไฮโดรเจนฟลูออไรด์มีจุดเดือดสูงเพราะมีมวลโมเลกุลมาก ส่วนไฮโดรเจนคลอไรด์มีจุดเดือดต่ำเพราะว่ามีมวลโมเลกุลน้อยกว่าไฮโดรเจนฟลูออไรด์" นอกจากนี้นักเรียนอีกส่วนหนึ่งพยายามอธิบายความแตกต่างของจุดเดือดโดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสารที่อยู่ใกล้ชิดกันและอยู่ห่างกัน นักเรียนอธิบายว่า "โมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์จะดึงดูดกันอย่างหนาแน่นส่วนโมเลกุลของไฮโดรเจนคลอไรด์จะอยู่ห่างกันและกระจายกันอยู่ทำให้โมเลกุลของสารอยู่ห่างกันจึงมีจุดเดือดที่แตกต่างกัน" นอกจากนี้ยังพบว่า ยังมีนักเรียนอีกบางส่วนที่มีแบบจำลองความที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) นักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพแบบจำลองไม่ถูกต้องและในการอธิบายความแตกต่างของจุดเดือดของสาร นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ตอบได้เพียงแค่ว่า "ทั้งสองเป็นสารที่ต่างชนิดกัน" และเป็นที่น่าสนใจว่านักเรียนอีกส่วนหนึ่งพยามยามใช้สมบัติความเป็นโลหะและอโลหะของธาตุมาใช้ในการอธิบายจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ (จำนวน 2 คน) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ไฮโดรเจนฟลูออไรด์จะมีจุดเดือดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพราะว่าไฮโดรเจนฟลูออไรด์เป็นธาตุโลหะทำให้มีจุดเดือดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไฮโดรเจนคลอไรด์จะมีจุดเดือดต่ำลงเรื่อย ๆ เนื่องจากเป็นอโลหะทำให้มีจุดเดือดต่ำลงเรื่อย ๆ" (sf-33 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

2.8 การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย

แบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย ได้มาจากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 8 (ภาคผนวก ค)โดยผู้วิจัยนำภาพแบบจำลองโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ จำนวน 6 ภาพ มาให้นักเรียนพิจารณาแล้วถามว่า ถ้านักเรียนต้องการใช้แบบจำลองโครงสร้างเพื่ออธิบายสมบัติของสารประกอบของคาร์บอนชนิดหนึ่งซึ่งเป็นของแข็งสีดำ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง นำไฟฟ้าได้ นักเรียนจะเลือกภาพใด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบในการเลือกแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) คือ ภาพแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์ ซึ่งได้แก่ ภาพในข้อ ข ง และ ฉ เนื่องจากสมบัติของสารประกอบของคาร์บอนที่กล่าวมาเป็นสมบัติของแกรไฟต์ ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ที่ยึดเหนี่ยวกันทั้งสามมิติเป็นโครงผลึกร่างตาข่าย โดยที่อะตอมของคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 แต่อะตอมของคาร์บอนในโครงผลึกของแกรไฟต์จะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนในการสร้างพันธะโคเวเลนต์ 3 อิเล็กตรอนกับอะตอมของคาร์บอน 3 อะตอม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

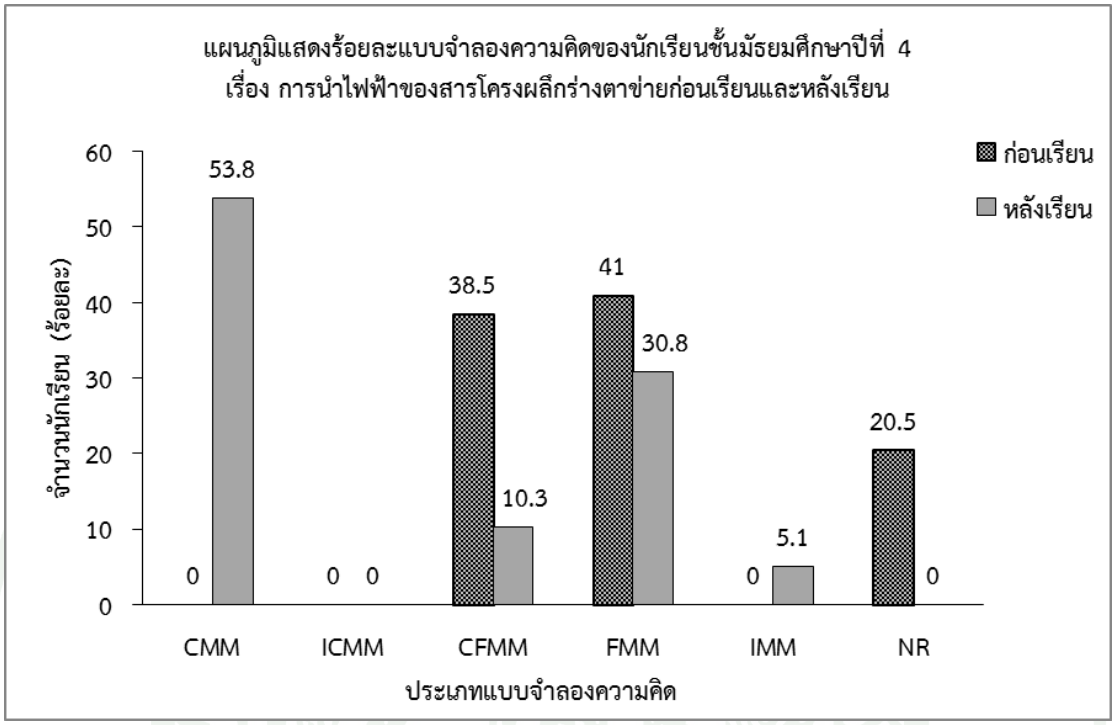
ที่อยู่ใกล้เคียงจึงทำให้แต่ละอะตอมของคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระเหลือหนึ่งอิเล็กตรอน ซึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ได้อิสระภายในชั้นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้ดีเฉพาะภายในชั้นเดียวกัน ภายในชั้นเดียวกันคาร์บอนจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะก้ำกึ่งระหว่างพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่ ส่วนระหว่างชั้นอะตอมของคาร์บอนไม่ได้สร้างพันธะโคเวเลนต์กัน แต่จะยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงลอนดอนที่ไม่แข็งแรง จึงทำให้แกรไฟต์เลื่อนไถลไปตามชั้นได้ง่าย

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 4.40 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 41 รองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดเป็นร้อยละ 380.5 นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 20.5 และเป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 53.8 รองลงมา มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) คิดเป็นร้อยละ 30.8 ซึ่งลดลงจากก่อนเรียน นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10.3 และเป็นที่น่าแปลกใจว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR)

แบบจำลองความคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่ายของนักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ นักเรียนไม่เลือกแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์ในการอธิบายสมบัติของแกรไฟต์และเหตุผลที่นักเรียนใช้อธิบายสมบัติต่าง ๆ ของแกรไฟต์ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้พยายามนำเอาประสบการณ์ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการนำไฟฟ้ามาอธิบายสมบัติการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้แบบจำลองในภาพที่ 4.41 ก อธิบายสมบัติการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า การนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากอนุภาคที่อยู่รวมกันอย่างหนาแน่น ดังที่นักเรียนอธิบายว่า “การที่คาร์บอนเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงนำไฟฟ้าได้ต้องเป็นของแข็งมาก ๆ และในตัวเลือกภาพ ค (ภาพที่ 4.41 ก) มีอนุภาคที่แน่นที่สุด” ขณะที่นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เลือกภาพที่ 4.41 ข เพราะเข้าใจว่า การนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ เกิดจากการมีขั้วบวกและขั้วลบที่อยู่ใกล้ชิดกัน ดังที่นักเรียนอธิบายว่า “ภาพ จ (ภาพที่ 4.41 ข) อะตอมรวมตัวกันมีโครงสร้างเป็นวงกลม ดังนั้นจึงมีขั้วบวกขั้วลบใกล้กันนำไฟฟ้าได้มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง” และนักเรียนอีกส่วนที่เหลือของกลุ่มนี้เลือกภาพ ภาพที่ 4.41 ค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

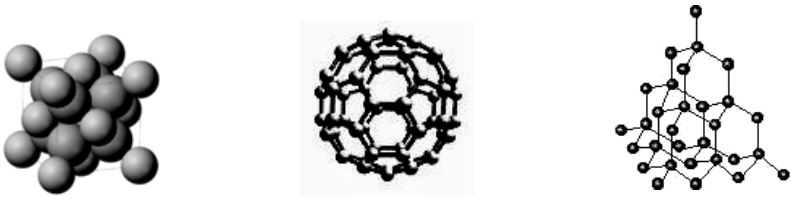
เนื่องจากเข้าใจว่า การนำไฟฟ้าเกิดจากความสะดวกในการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังที่อธิบายว่า “ภาพ ก (ภาพที่ 4.41 ค) เพราะสารประกอบชนิดนี้นั้นน่าจะทำให้การนำไฟฟ้านั้นไหลผ่านได้ง่ายสะดวก”



ภาพที่ 4.40 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่ายก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ก ข ค

ภาพที่ 4.41 แบบจำลองโครงผลึกของสารซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เลือกใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์ก่อนเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) กล่าวคือ นักเรียนในกลุ่มนี้เลือกแบบจำลองของแกรไฟต์มาใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์ แต่เหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งนักเรียนที่ไม่เลือกแบบจำลองของแกรไฟต์มาใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์แต่มีเหตุผลบางส่วนสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เลือกภาพที่ 4.42 ก เพราะเข้าใจว่าสารที่จะนำไฟฟ้าได้อนุภาคต้องอยู่รวมกันอย่างเป็นระเบียบ ดังที่อธิบายว่า “จากภาพ ง (ภาพที่ 4.42 ก) เพราะที่คาร์บอนเป็นของแข็งที่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงและนำไฟฟ้าได้ซึ่งภาพ ง (ภาพที่ 4.42 ก) เป็นการยึดเกาะกันแน่นและเป็นอนุภาคขนาดเล็กจึงน่าจะมีการนำไฟฟ้าและตามสมบัติที่กล่าวมา” นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนอีกส่วนหนึ่งเลือกภาพที่ 4.42 ข เพราะเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันอย่างเป็นระเบียบ ดังที่อธิบายว่า “ภาพจำลองข้อ ข (ภาพที่ 4.42 ข) เพราะเกิดการยึดเหนี่ยวกันอย่างเป็นระเบียบ” ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นั่นคือ นักเรียนเลือกเฉพาะภาพแบบจำลองแต่ไม่เขียนข้อความใด ๆ

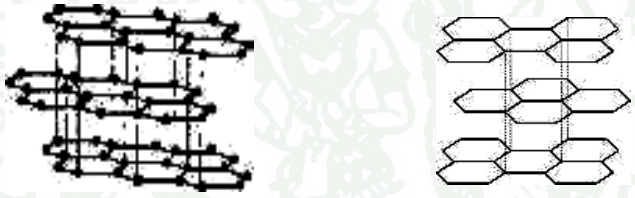
ก ข

ภาพที่ 4.42 แบบจำลองโครงผลึกของสารซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เลือกใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์ก่อนเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองความคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่ายของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้เลือกภาพแบบจำลองแกรไฟต์มาใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์ได้ถูกต้องและคำอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากการเคลื่อนที่ของเวเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระภายในชั้นเดียวกัน ดังจะเห็นได้จากนักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เลือกภาพที่ 4.43 ก และอธิบายเหตุผลดังนี้

“เลือกภาพ ข (ภาพที่ 4.43 ก) เพราะว่าภาพ ข (ภาพที่ 4.43 ก) เป็นแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์ซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งคาร์บอนมีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับสี่แต่ใช้ในการสร้างพันธะไปสามจึงทำให้เหลืออิเล็กตรอนที่เป็นอิสระอยู่หนึ่ง ที่สามารถเคลื่อนที่อยู่บนชั้นเดียวกันได้ทำให้แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้” (sf-24 แบบวัดแบบจำลองความคิด)



ก ข

ภาพที่ 4.43 แบบจำลองโครงผลึกของสารซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เลือกใช้อธิบายสมบัติของแกรไฟต์หลังเรียน

นักเรียนอีกส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เลือกทั้งภาพที่ 4.43 ก และ ข และอธิบายว่า “คาร์บอนมีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับสี่ แต่ในแบบจำลองโครงสร้าง ก และ ข คาร์บอนสร้างพันธะแค่สามอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงเหลืออยู่หนึ่งอิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระในระนาบของชั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อิสระจึงสามารถนำไฟฟ้าได้” และนักเรียนที่เหลืออีกส่วนหนึ่งเลือกภาพที่ 4.43 ข พร้อมทั้งอธิบายว่า “สารประกอบของคาร์บอนมีโครงสร้างแบบตาข่ายและอยู่เรียงกันเป็นชั้นและแต่ละชั้นยังมีอิเล็กตรอนที่วิ่งได้อิสระจึงทำให้นำไฟฟ้าได้ และสารประกอบคาร์บอนนี้มีลักษณะแตกหักง่ายเพราะถ้าอยู่เป็นชั้นเมื่อมันหักจะหักออกเป็นชั้น ๆ ไป”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

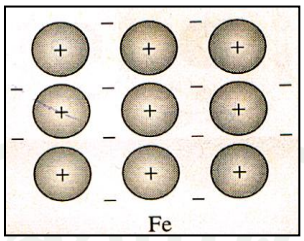
อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นที่น่าแปลกใจว่านักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่าในโครงผลึกของแกรไฟต์ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนเลือกภาพที่ 4.41 ก และ ข และอธิบายเหตุผลว่า “สารประกอบของคาร์บอนเป็นของแข็งสีดำ มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงและมีการนำไฟฟ้าแสดงว่าสารประกอบของคาร์บอนเป็นธาตุโลหะและมีพันธะโลหะเป็นตัวเชื่อมระหว่างอะตอมของสารประกอบ” ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าแกรไฟต์เป็นธาตุโลหะซึ่งอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระจึงทำให้นำไฟฟ้า นักเรียนจึงเลือกภาพที่ 4.41 ก พร้อมทั้งอธิบายว่า “ผลึกของสารประกอบของคาร์บอนเป็นของแข็งจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและอะตอมของธาตุเป็นธาตุโลหะซึ่งอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทั่วทั้งก้อนโลหะและมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้โลหะเท่านั้นสามารถนำไฟฟ้าได้ดี” นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากการจัดเรียงอนุภาคที่อยู่ชิดกัน ดังนั้นจึงเลือกภาพที่ 4.41 ก และอธิบายว่า “ดูจากแบบจำลองจะพบว่าอนุภาคจะดึงดูดกันอย่างหนาแน่นทำให้มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงและนำไฟฟ้าได้” ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนหนึ่งเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากการมีประจุบวกและประจุลบในโครงผลึก ดังนั้นนักเรียนจึงเลือกภาพที่ 4.41 ค พร้อมกับอธิบายว่า “มันมีการยึดเหนี่ยวกันที่แสดงให้เห็นว่าน่าจะนำไฟฟ้าได้ เพราะมีประจุบวกและประจุลบ” จากลักษณะของคำตอบบ่งชี้ว่านักเรียนในกลุ่มนี้เกิดความเข้าใจสับสนเกี่ยวกับแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายการนำไฟฟ้าของสารชนิดต่าง ๆ และนอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนกลุ่มนี้เลือกภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง โดยเลือกภาพที่ 4.43 ก แต่อธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนอธิบายว่า “ดูจากโครงสร้างที่หนาแน่นน่าจะเป็นของแข็งและจะมีคุณสมบัติที่นำไฟฟ้าได้ มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลาสูง” แสดงให้เห็นว่านักเรียนอธิบายสมบัติจากลักษณะภายนอกที่มองเห็นโดยไม่ได้คำนึงถึงอนุภาคภายในของสาร

2.9 การเกิดพันธะโลหะ

แนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโลหะผู้วิจัยวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนจากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 9 โดยให้นักเรียนพิจารณาภาพเหล็ก แล้วให้อธิบายการเกิดพันธะภายในเหล็ก (Fe) พร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองแสดงรายละเอียดของการเกิดพันธะประกอบคำอธิบาย แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องการเกิดพันธะโลหะ คือ พันธะโลหะเกิดจากอะตอมของเหล็กซึ่งมีค่าพลังงาน ไอออไนเซชันต่ำจึงทำให้อะตอมของเหล็กเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนได้ง่ายแล้วกลายเป็นไอออนบวก ส่วนเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาก็จะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทั่วทั้งโครงผลึกของเหล็ก ดังนั้นพันธะในเหล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

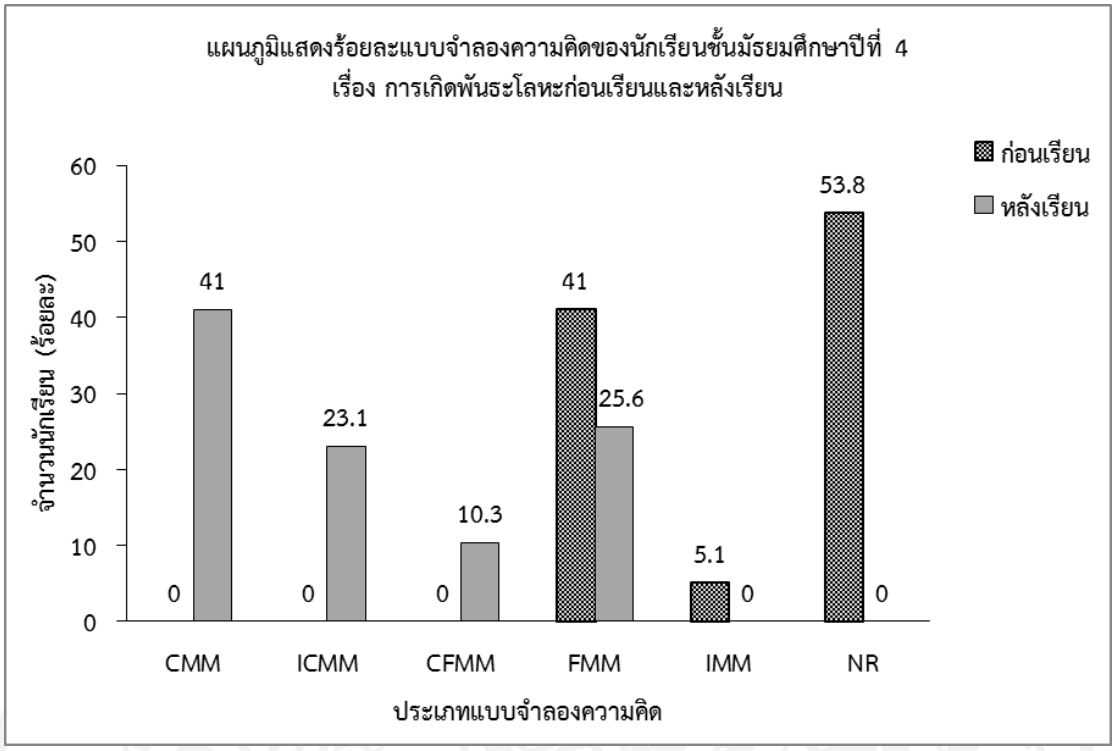
จึงเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกของเหล็กกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ซึ่งจะสามารถแสดงการเกิดพันธะในเหล็กด้วยแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน ดังภาพที่ 4.44



ภาพที่ 4.44 แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนในโครงผลึกของเหล็ก

เมื่อนำคำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะมาวิเคราะห์ แล้วเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังภาพที่ 4.45 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 53.8 ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) รองลงมาร้อยละ 41 นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และนักเรียนที่เหลืออีกร้อยละ 5.1 มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) เป็นที่น่าสังเกตว่าแนวคิดเรื่องนี้ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปแล้ว พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 41 นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงเหลือร้อยละ 25.6 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนหนึ่งมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) คิดเป็นร้อยละ 23.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



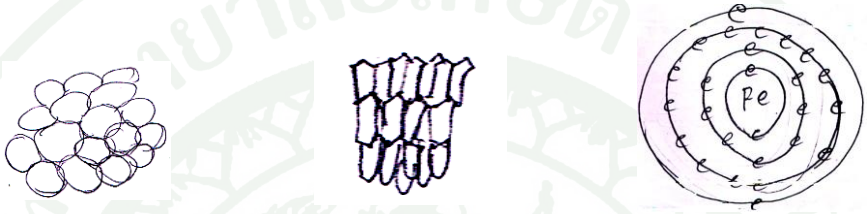
ภาพที่ 4.45 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเกิดพันธะโลหะก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนเกือบครึ่งหนึ่งของห้องเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนในกลุ่มนี้มีความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะแตกต่างกัน นักเรียนส่วนใหญ่พยายามนำรู้เดิมเกี่ยวกับการจัดเรียงอนุภาคของสารในสถานะของแข็งและประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของตนเองมาใช้อธิบายการเกิดพันธะโลหะในแท่งเหล็ก โดยนักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้ (ร้อยละ 23) คิดว่าภายในแท่งโลหะไม่มีพันธะเคมีแต่อะตอมของโลหะจะเกาะกลุ่มอยู่ชิดกันอย่างหนาแน่นเช่นเดียวกับของแข็งชนิดอื่น ๆ นักเรียนวาดภาพที่ 4.46 ก และอธิบายว่า “การเกิดพันธะภายในเหล็กนั้นอนุภาคภายในของเหล็กมีความหนาแน่นมากจึงยากต่อการทำลายและจะเกาะกลุ่มกันอยู่จึงทำให้เกิดพันธะภายในเหล็ก” นักเรียนส่วนที่เหลือของกลุ่มนี้คิดว่า ภายในแท่งโลหะ (เหล็ก) อนุภาคของสารยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ที่แข็งแรง นักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มนี้วาดภาพที่ 4.46 ข พร้อมทั้งอธิบายว่า “จากการที่เหล็กเป็นของแข็งก็จะแยกออกจากกันได้ยาก ก็เพราะโครงสร้างเหล่านั้นมีความสลับซับซ้อนมากและแสดงพันธะโคเวเลนต์ที่มีความซับซ้อนสูงและหนาแน่นยากต่อการทำลาย” จากลักษณะคำตอบของนักเรียนบ่งชี้ได้ชัดเจนว่านักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ในกลุ่มนี้ทั้งหมดอธิบายการเกิดพันธะโลหะจากลักษณะภายนอกหรือระดับมหภาคเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดไม่เชื่อมโยง (IMM) พยายามนำเอาแบบจำลองโครงสร้างอะตอมมาใช้อธิบายการเกิดพันธะโลหะภายในแท่งเหล็ก โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.46 ค และอธิบายเพียงสั้น ๆ ว่า “อิเล็กตรอนของเหล็กกระจายกันอยู่”



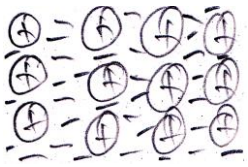
ก ข ค

ภาพที่ 4.46 นักเรียนวาดแบบจำลองการเกิดพันธะโลหะก่อนเรียน

หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น นักเรียนในกลุ่มนี้คิดว่า พันธะโลหะเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ซึ่งนักเรียนอธิบายการเกิดพันธะโลหะพร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนประกอบคำอธิบายได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.47 ก พร้อมกับอธิบายการเกิดพันธะโลหะดังนี้

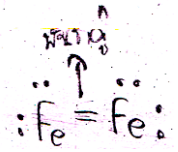
“เหล็กยึดติดกันด้วยพันธะโลหะซึ่งเกิดจากอะตอมของธาตุเหล็กเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนออกมาทำให้อะตอมมีสภาพเป็นขั้วบวกและเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เสียออกมาจากแต่ละอะตอมภายในแท่งเหล็กจะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระภายในแท่งเหล็กล้อมรอบขั้วบวกกลายเป็นทะเลอิเล็กตรอนพันธะจึงมีความแข็งแรงมากเพราะเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับอิเล็กตรอนอิสระภายในแท่งเหล็กทั้งหมด” (sm-1 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ก

ข



ค

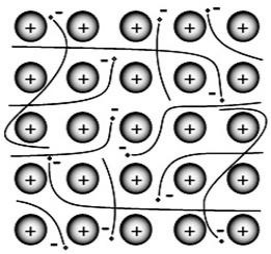
ภาพที่ 4.47 นักเรียนวาดแบบจำลองการเกิดพันธะโลหะหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนร้อยละ 23.1 มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) นักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพแบบจำลองการเกิดพันธะโลหะได้ถูกต้องแต่เหตุผลที่ใช้การอธิบายยังไม่ครบสมบูรณ์ ซึ่งกลุ่มนี้เข้าเพียงแค่ว่า พันธะโลหะจะมีอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่ไม่ได้ระบุว่าอิเล็กตรอนอิสระนี้ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวภายในผลึกของโลหะได้อย่างไร ดังนั้น นักเรียนจึงอธิบายว่า “เหล็กเป็นโลหะชนิดหนึ่งเมื่อเหล็กมาสร้างพันธะกันเองโดยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโลหะกับโลหะและทำให้เกิดพันธะโลหะและภายในพันธะโลหะจะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างอิสระ” อย่างไรก็ตามพบว่า ยังมีนักเรียนอีกบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) นักเรียนกลุ่มนี้สับสนระหว่างการเกิดพันธะไอออนิกกับการเกิดพันธะโลหะ ทำให้วาดภาพแบบจำลองไม่ถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลถูกต้องบางส่วน ซึ่งกลุ่มนี้คิดว่าในโลหะมีพันธะโลหะแต่การเกิดพันธะโลหะมีลักษณะคล้ายกับพันธะไอออนิก (จำนวน 4 คน) ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงวาดภาพ 4.47 ข พร้อมทั้งอธิบายว่า “เหล็กยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะซึ่งเหล็กเป็นโลหะซึ่งภายในโลหะจะมีอนุภาคที่ยึดเหนี่ยวกันอย่างแน่นหนาหรือมีประจุบวกและลบยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะ” และนอกจากนี้ยังพบอีกว่า มีนักเรียนจำนวนหนึ่งเกิดความสับสนระหว่างแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก การเกิดพันธะโคเวนต์และการเกิดพันธะโลหะ จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) โดยนักเรียนส่วนแรก (จำนวน 3 คน) คิดว่า การเกิดพันธะโลหะเหมือนกับการเกิดพันธะไอออนิก นักเรียนวาดภาพเช่นเดียวกับภาพที่ 4.47 ข และระบุว่า “ภายในเหล็กมีการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกมีประจุบวกและประจุลบ” และนักเรียนส่วนที่เหลือ (จำนวน 7 คน) คิดว่า ภายในผลึกของโลหะมีการยึดเหนี่ยวด้วยพันธะโคเวเลนต์ ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงวาดภาพที่ 4.47 ค พร้อมทั้งอธิบายว่า “เหล็กจะยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเหล็กเป็นของแข็งโครงร่างผลึกของเหล็กจะรวมกันด้วยพันธะคู่”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.10 การนำไฟฟ้าของโลหะ

แบบจำลองความคิดของนักเรียนเรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะ ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 10 โดยผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาภาพสถานการณ์เกี่ยวกับความสว่างของหลอดไฟ 2 ภาพ คือ ภาพ ก หลอดไฟสว่างเมื่อนำลวดทองแดงมาต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ส่วนภาพ ข หลอดไฟไม่สว่างเมื่อใช้แท่งแก้วมาต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า จากนั้นให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดหลอดไฟในภาพ ก จึงสว่าง พร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองแสดงอนุภาคภายในของลวดทองแดง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) คือ เนื่องจากลวดทองแดงเป็นโลหะ ดังนั้นจึงสามารถนำไฟฟ้าได้ การนำไฟฟ้าของลวดทองแดงสามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน ดังภาพที่ 4.48 กล่าวคือ ภายในลวดทองแดงอะตอมของแดงจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเสมือนไอออนบวกกับอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอร์รีเข้าไปอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ภายในเส้นลวดทองแดงก็จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกทำให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร ด้วยเหตุนี้หลอดไฟในภาพ ก จึงสว่าง ในขณะที่ภาพ ข ภายในแท่งแก้วไม่มีอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ได้หลอดไฟจึงไม่สว่าง

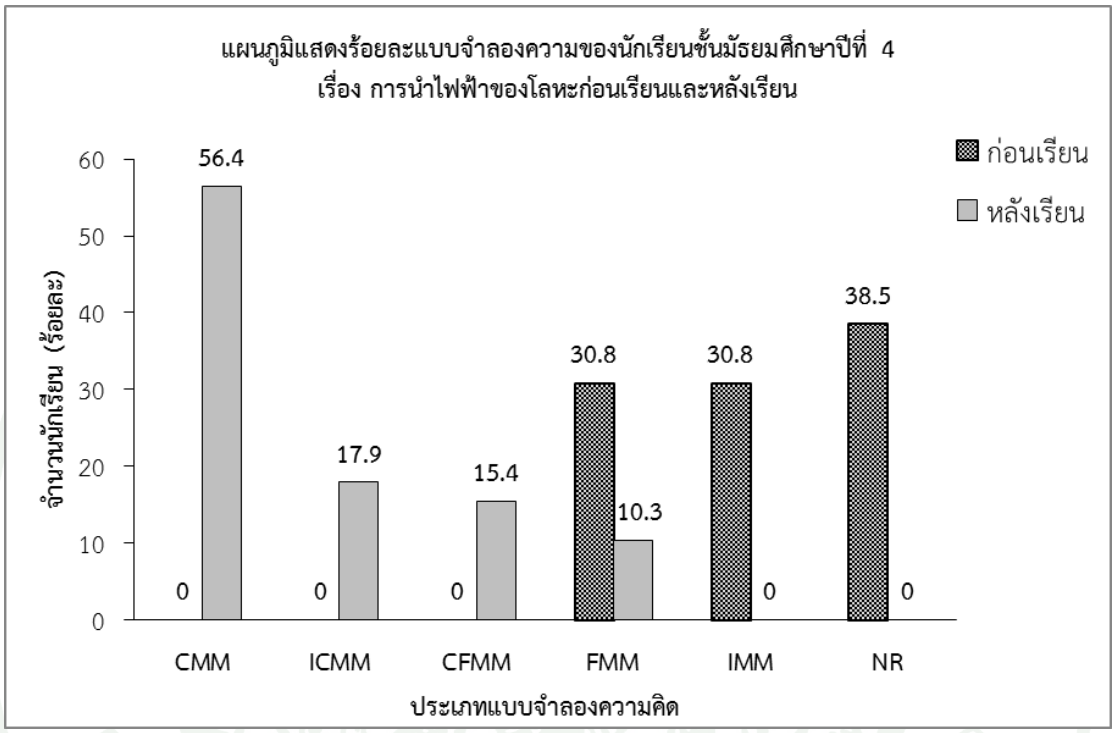


ภาพที่ 4.48 แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนในโครงผลึกของโลหะทองแดง

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังภาพที่ 4.49 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 38.5 รองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) อย่างละเท่ากัน คือ ร้อยละ 30.8 และเป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีนักเรียนแม้แต่คนเดียวที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปแล้ว พบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) และมีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในเรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็นร้อยละ 56.4 รองลงมา มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.9 และนอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มีจำนวนลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10.3 เท่านั้น



ภาพที่ 4.49 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ICMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ CFMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง FMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง IMM หมายถึง แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง และ NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) นักเรียนไม่เขียนอธิบายข้อความใด ๆ และไม่วาดภาพแบบจำลอง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนที่เหลือมีแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของโลหะที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนพยายามนำเอาความรู้เดิมและประสบการณ์ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับตัวนำไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า การจัดเรียงอนุภาคของสารในสถานะของแข็ง มาใช้อธิบายการนำไฟฟ้าของโลหะ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนจำนวนครึ่งหนึ่งของกลุ่มนี้มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) เนื่องจากนักเรียนอธิบายเหตุผลของการนำไฟฟ้าภายในลวดทองแดงไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และวาดภาพแบบจำลองที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากอนุภาคของสารที่อยู่ชิดกัน (จำนวน 10 คน) ซึ่งนักเรียนอธิบายว่า “เพราะทองแดงเป็นโลหะและนำไฟฟ้าได้และมีโมเลกุลทับซ้อนกันจึงทำให้มีความหนาแน่นมาก” นักเรียนอีกส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่าภายในโลหะมีขั้วบวกและขั้วลบจึงทำให้นำไฟฟ้าได้ (จำนวน 2 คน) โดยนักเรียนอธิบายว่า “เพราะว่าลวดทองแดงมีขั้วจึงสามารถนำไฟฟ้าได้ ส่วนแท่งแก้วไม่มีขั้วจึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้” พร้อมทั้งวาดภาพที่ 4.50 ก นักเรียนอีกครึ่งหนึ่งของกลุ่มนี้มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) นักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพแบบจำลองและอธิบายเหตุผลการนำไฟฟ้าของโลหะไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม นักเรียนเข้าใจเพียงว่าโลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี นักเรียนวาดภาพที่ 4.50 ข ซึ่งมีลักษณะคล้ายแบบจำลองโครงสร้างอะตอมของโบร์ (Bohr’s model) พร้อมทั้งอธิบายว่า “เพราะลวดทองแดงคือโลหะซึ่งมีสมบัติการนำไฟฟ้าได้ดี ส่วนแท่งแก้วเป็นฉนวนไฟฟ้าซึ่งจะไม่นำไฟฟ้า”

ก ข

ภาพที่ 4.50 นักเรียนวาดแบบจำลองการนำไฟฟ้าของลวดทองแดงหลังเรียน

หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 56.4 นักเรียนกลุ่มนี้คิดว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระภายในโลหะ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังขั้วบวก โดยนักเรียนเลือกที่จะวาดภาพแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนเพื่อใช้ประกอบคำอธิบายการนำไฟฟ้าของโลหะทองแดงได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.51 ก พร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลดังนี้

“การที่ใช้ลวดทองแดงแล้วหลอดไฟสว่างและใช้แท่งแก้วหลอดไฟไม่สว่างเป็นเพราะว่าลวดทองแดงเป็นพันธะโลหะมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่รอบ ๆ อย่างไม่เป็นทิศทาง เมื่อต่อเข้ากับแบตเตอร์รีทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างมีทิศทางจากขั้วลบไปขั้วบวกจึงทำให้ลวดทองแดงสามารถนำไฟฟ้าได้ส่วนแท่งแก้วไม่ใช่พันธะโลหะจึงไม่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า” (sf-11 แบบวัดแบบจำลองความคิด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก ข

ภาพที่ 4.51 นักเรียนวาดแบบจำลองการนำไฟฟ้าของลวดทองแดงหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนกลุ่มหนึ่ง (จำนวน 7 คน) มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) เนื่องจากนักเรียนคิดว่า การนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากการมีพันธะโลหะภายในโครงผลึก ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนประกอบคำอธิบายได้ถูกต้องแต่ไม่ได้อธิบายเหตุผลว่าพันธะโลหะทำให้เกิดการนำไฟฟ้าได้อย่างไร ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ระบุว่า “ทองแดงเป็นโลหะนำไฟฟ้าได้จึงทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างซึ่งภายในทองแดงมีประจุบวกและอิเล็กตรอนอิสระ” อย่างไรก็ตามพบว่า ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เนื่องจากนักเรียนวาดภาพแบบจำลองไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้องบางส่วน นักเรียนส่วนหนึ่งของกลุ่มนี้คิดว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุบวกและประจุลบ โดยนักเรียนวาดภาพที่ 4.51 ข ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแบบจำลองของพันธะไอออนิก พร้อมกับอธิบายว่า “ลวดทองแดงนำไฟฟ้าเพราะเป็นโลหะอิเล็กตรอนของโลหะจะอยู่กันแบบอิสระ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยพลังงานประจุบวกก็จะเคลื่อนที่ไปตามประจุลบ ลบก็จะเคลื่อนที่ไปบวก” และนอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) นักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพแบบจำลองและอธิบายเหตุผลของการนำไฟฟ้าไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเกิดความสับสนระหว่างแบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกกับแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากประจุบวกและประจุลบภายใน โครงผลึกของโลหะ (จำนวน 4 คน) ดังนั้นนักเรียนจึงเลือกใช้แบบจำลองการเกิดพันธะไอออนิกมาอธิบายการนำไฟฟ้าของโลหะ ดังนี้ “ลวดทองแดงเป็นธาตุโลหะซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ดีเพราะมีประจุบวกและประจุลบอยู่ในลวดทองแดงจึงทำให้หลอดไฟสว่าง”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อวิจารณ์

การวิจัยระยะที่ 1

การผลการสำรวจแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาพันธะเคมีมาแล้วพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่เป็นแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิด เรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) คิดว่าในสารประกอบไอออนิกมีการเกิดพันธะคล้ายกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งความคิดนี้คล้ายกับนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่มองว่าในสารประกอบไอออนิกมีการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ทั้งนี้จะเห็นว่าเป็นแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง หากพิจารณาลักษณะของแบบจำลองความคิดทั้ง 2 กลุ่มนี้จะเห็นว่านักเรียนมีความสับสนระหว่างแบบจำลองที่นำมาใช้อธิบายในการเกิดพันธะไอออนิกกับพันธะโคเวเลนต์ นั่นคือนักเรียนพยายามนำเอากฎออกเตตมาใช้อธิบายการเกิดพันธะของโซเดียมกับคลอรีนแสดงว่านักเรียนไม่เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับ Taber and Coll (2002) ที่รายงานว่านักเรียนส่วนใหญ่มักจะอธิบายการเกิดพันธะเคมีโดยใช้กรอบแนวคิดของกฎออกเตต นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เชื่อว่าน้ำทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าในสารละลายไอออนิกที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดในลักษณะนี้อาจเกิดจากเรียนรู้แบบท่องจำโดยไม่ได้เข้าใจอย่างถ่องแท้ และอีกสาเหตุหนึ่งน่าจะมาจากความหมายของคำเดียวกันที่ใช้ในชีวิตประจำวันและในทางวิทยาศาสตร์มีความหมายต่างกัน กล่าวคือ “น้ำ” ในทางเคมีหมายถึงน้ำบริสุทธิ์ซึ่งไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เนื่องจากมีการแตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมาก แต่น้ำที่นักเรียนกล่าวถึงในที่นี้คือ น้ำที่ไม่บริสุทธิ์ซึ่งมีไอออนชนิดอื่นเจือปนอยู่จะสามารถทำให้นำไฟฟ้าได้ จากลักษณะที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องการนำฟ้าของสารในอนุภาคต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในวิชาเคมี ดังนั้นจึงส่งผลให้นักเรียนมีการสร้างแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องขึ้นมาซึ่งสอดคล้องกับที่ Greca and Moreira (2000) ได้กล่าวว่าแบบจำลองความคิดจะสร้างขึ้นบนพื้นฐานของความคิด หรือแนวคิดที่มีอยู่เดิมและประสบการณ์เดิมที่ผ่านมา และนอกจากนี้ยังพบว่าในแนวคิดสภาพขั้วของโมเลกุล นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) เข้าใจว่า สภาพขั้วของโมเลกุลหาได้จากผลบวกแบบคณิตศาสตร์ของค่าประจุไฟฟ้าทุกชนิดที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลไม่ถูกต้อง กล่าวคือ การที่นักเรียนจะทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลได้นั้นนักเรียนต้องมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องในเรื่องการเขียนสูตรลิวอิส รูปร่างโมเลกุล ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี สภาพขั้วของพันธะ และเวกเตอร์ ล้วนแต่มีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งต้องใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จินตนาการ ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนเหล่านี้เลือกวิธีการการท่องจำองค์ประกอบที่ใช้ทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลแทนการทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ซึ่งสังเกตได้จากนักเรียนมักจะใช้คำว่า“หักล้างกันไม่หมด” โดยไม่ได้เข้าใจอย่างถ่องแท้ว่าจริง ๆ แล้วอะไรที่หักล้างกัน จึงทำให้นักเรียนบางกลุ่มสร้างความเข้าใจให้กับตนเองในเรื่องนี้โดยเลือกใช้วิธีการบวกลบแบบคณิตแทนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่เป็นแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ในแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสาร โครงผลึกร่างตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ การที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดในลักษณะนี้น่าจะมีทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคได้ ดังนั้นนักเรียนจึงเลือกใช้แบบจำลองที่คุ้นเคยหรือที่เคยเรียนมาก่อนในเรื่องสารประกอบไอออนิกมาใช้ในการอธิบายการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taber (2003) ที่ระบุว่านักเรียนมักจะนำประสบการณ์เดิม หรือความรู้เดิมที่เคยเรียนมาก่อนมา

การวิจัยระยะที่ 2

จากการศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือ นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมี โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วของโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก เนื้อหาเรื่องพันธะเคมีส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรมเนื่องจากศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุลซึ่งไม่สามารถมองเห็นจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ สอดคล้องกับ Johnstone (1993) กล่าวว่านักเคมีมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารใน 3 ระดับ ด้วยกัน คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถมองเห็นได้เนื่องจากจะกล่าวถึงอิเล็กตรอน โมเลกุล และอะตอม และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) เป็นสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางเคมีเพื่อเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคกับระดับจุลภาค ดังนั้นการที่นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาและพยายามที่จะใช้แบบจำลองความคิดที่ตนสร้างขึ้นมานี้เพื่อที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนพบในระหว่างที่เรียนหรือในชีวิตประจำวัน (Duit, 1991; Chittleborough, Treagust, Mamiala and Mocerino, 2005) แต่แบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโลหะ การนำไฟฟ้าของโลหะและรูปร่างโมเลกุล ทั้งนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาจเนื่องมาจากนักเรียนเกิดความสับสนในการใช้แบบจำลองแต่ละชนิดในการการนำไฟฟ้าของสาร แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Taber and Coll (2002) ที่พบว่านักเรียนไม่เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง อย่างไรก็ตามยังพบว่า มีเพียงแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกเท่านั้น ที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนอาจมีความรู้พื้นฐานในสองเรื่องนี้มาก่อน เช่น อาจเกิดจากการศึกษาค้นคว้ามาล่วงหน้าหรือการเรียนพิเศษนอกห้องเรียน

จากการศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีหลังจากที่นักเรียนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) นั่นคือแบบจำลองความคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมี ทั้ง 10 แนวคิดย่อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียนทุกแนวคิดย่อย โดยแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงมากสุด คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วของโมเลกุลและการเกิดพันธะไอออนิก ตามลำดับ และยังพบอีกว่า ไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาโดยใช้สิ่งที่รู้แล้วหรือความรู้เดิมรวมเข้ากับข้อมูลใหม่และจะขยายความรู้ของตนเองเพิ่มมากขึ้น (Buckley and Boulter, 2000) หรือพัฒนาของการสร้างแบบจำลองนั้นจะเริ่มต้นจากแบบจำลองที่ยังไม่ถูกต้องและจะค่อยเปลี่ยนไปเป็นแบบจำลองที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องและสมบูรณ์ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับ Khan (2007; 2008a; 2008b)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในครั้งนี้ แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ กล่าวคือ ในระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และในระยะที่ 2 เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี (Case study research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะสรุปผลการวิจัยในแต่ละระยะตามลำดับดังนี้

สรุปผลการวิจัยในระยะที่ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 211 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 5 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

สิ่งที่ศึกษา คือ แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เนื้อหาที่นำมาศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้วาดภาพและเขียนบรรยาย พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบกัน จำนวน 10 ข้อ ครอบคลุม 3 แนวคิดหลักของเรื่องพันธะเคมี คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำรวจแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว ซึ่งคละความสามารถในรายวิชาเคมี จำนวน 211 คน โดยทำแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นใช้เวลา 90 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อโดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดถี่ถ้วนซึ่งจะพิจารณาประกอบกันทั้งภาพที่นักเรียนวาด และข้อความที่เขียนบรรยายหรือเหตุผลที่อธิบาย แล้วตีความเพื่อเปรียบเทียบหารูปแบบของคำตอบและประเด็น จากนั้นนำรูปแบบของคำตอบมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ทั้งนี้ประยุกต์มาจากการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ได้แก่ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental models: CMM) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models: ICMM) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental models: CFMM) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental models: FMM) แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model: IMM) และไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response: NR) จากนั้นตรวจสอบข้อมูลของการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดซ้ำอีกครั้ง (Re-examined) เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 วัน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงในการจัดกลุ่มแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาลงความเห็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัยเพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator triangulation) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณผู้วิจัยหาความถี่ของคำตอบ และรายงานโดยใช้ค่าร้อยละเพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดในกลุ่มต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 10 แนวคิดย่อยของเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี ทั้งนี้เห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) รองลงมา มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) และแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก และสภาพขั้วของโมเลกุล ตามลำดับ สำหรับแนวคิดคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกนักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้เข้าใจว่าผลึกของสารประกอบไอออนิกอนุภาคจะอยู่ชิดกันและมีแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงเหมือนกับของแข็งชนิดอื่นโดยทั่ว ๆ ไป และอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าผลึกของสารประกอบไอออนิกอนุภาคจะไม่อยู่ชิดกันแต่ละอนุภาคจะจัดเรียงกันให้มีลักษณะรูปร่างคล้ายตาข่าย ส่วนแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก นักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้เชื่อว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกเกิดจากน้ำ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเชื่อว่าการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากการการทำปฏิกิริยากับน้ำและอีกส่วนหนึ่งเชื่อว่าการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารละลาย และแนวคิดเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล นักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้คิดว่าสภาพขั้วของโมเลกุลหาได้จากผลรวมแบบคณิตศาสตร์ของค่าประจุไฟฟ้าของทุกอะตอมที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเชื่อว่าสภาพขั้วของพันธะคือสภาพขั้วของโมเลกุล นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มากที่สุด คือ แนวคิดเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ ตามลำดับ สำหรับแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย นักเรียนมีส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เข้าใจว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์มีลักษณะเหมือนกับของแข็งชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปและการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากการมีโครงสร้างซึ่งอนุภาคอยู่ชิดกันจึงทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์เหมือนกับแบบจำลองโครงสร้างผลึกของเพชรและการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากอนุภาคที่อยู่ห่างกันแต่มีการเชื่อมโยงกันระหว่างอนุภาค ส่วนแนวคิดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เชื่อว่าแรงยึดเหนี่ยวของอะตอมภายในโมเลกุล (พันธะเคมี) กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นสิ่งเดียวกัน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเชื่อว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับระยะห่างของอนุภาคในโมเลกุลและขนาดโมเลกุล และแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโลหะ นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เข้าใจว่าพันธะภายในโลหะมีลักษณะเหมือนกับของแข็งชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไป ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าภายในโลหะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ อย่างไรก็ตามยังพบอีกว่าแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) มากที่สุด คือ การนำไฟฟ้าของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โลหะ สภาพขั้วของโมเลกุล และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น นักเรียนเข้าใจเพียงแค่ว่าโลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีแต่ไม่สามารถอธิบายการนำไฟฟ้าของโลหะได้ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร สารประกอบโคเวเลนต์จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มแต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าอะตอมอยู่รวมกันได้อย่างไร ยิ่งไปกว่านั้นเป็นที่น่าสังเกตว่าแนวคิดเรื่องรูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุลเป็นสองแนวคิดที่ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่จะเข้าใจแนวคิดทั้งสองเรื่องนี้นักเรียนจะต้องเข้าใจแนวคิดพื้นฐานในหลายเรื่อง อาทิ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส และค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี ประกอบกับนักเรียนจะต้องมีความสามารถในการจินตนาการเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุล โดยรวมแล้วผลการวิจัยในระยะนี้บ่งชี้ว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ยังประสบปัญหาในการเรียนเรื่องพันธะเคมีอยู่มากและควรได้รับการพัฒนาทุก ๆ แนวคิดย่อยให้มีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้น เนื่องจากว่าเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก เป็นนามธรรม และมีการใช้แบบจำลองในหลายชนิดในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ (Taber and Coll, 2002) ดังนั้นการที่นักเรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้อย่างถ่องแท้นั้นนักเรียนจะต้องสามารถจินตนาการเพื่อสร้างคำทำนายและอธิบายถึงความเชื่อมโยงของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในทั้ง 3 ระดับ กล่าวคือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยเลือกใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบริบท นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นอีกว่าสิ่งที่เป็นอุปสรรคอีกอย่างหนึ่งในการเรียนรู้ในเรื่องนี้คือนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่เป็นพื้นฐานไม่ถูกต้องและไม่เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลผลการวิจัยในระยะนี้ไปออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด ทดสอบ และประเมินแบบจำลองความคิดของตนเองเพื่อให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

สรุปผลการวิจัยในระยะที่ 2

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 39 คน ที่เรียนหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นการศึกษาอำนาจเจริญ ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

สิ่งที่ศึกษา คือ การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ ตามเนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โดยใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรม 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 24 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 8 สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องพันธะเคมี
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี จำนวน 10 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยาย พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบกันตามความเข้าใจของนักเรียน โดยเป็นแบบวัดฉบับเดียวกันกับแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1 แบบบันทึกวีดิทัศน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย ใบงานและใบกิจกรรม และบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. วัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียน โดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการพิจารณาตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไขจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้จนเป็นเครื่องมือที่มีความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม ใช้เวลาในการทำแบบวัด 90 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์และครบถ้วนของแบบวัดก่อนให้นักเรียนออกจากห้อง

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีตามแผนที่กำหนดไว้ ดำเนินการตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น และผ่านการพิจารณาตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไขจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญให้มีความเหมาะสม โดยมีขั้นตอนของการจัดกิจกรรม 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และขั้นขยายแบบจำลอง ในระหว่างการจัดกิจกรรมมีการบันทึกวีดิทัศน์บันทึกภาคสนามของผู้วิจัยไว้ทุกครั้ง หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมในแต่ละครั้งผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาถอดเทปแบบคำต่อคำแล้วเก็บบันทึกข้อมูลไว้ทันที

3. วัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนหลังเรียน หลังจากจัดกิจกรรมครบตามแผนที่กำหนดไว้ให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นฉบับเดียวกันกับที่ใช้วัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบวัด 90 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์และครบถ้วนของแบบวัดก่อนให้นักเรียนออกจากห้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อโดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดถี่ถ้วนซึ่งจะพิจารณาประกอบกันทั้งภาพที่นักเรียนวาด และข้อความที่เขียนบรรยายหรือเหตุผลที่อธิบาย แล้วตีความเพื่อเปรียบเทียบหารูปแบบของคำตอบและประเด็น จากนั้นนำรูปแบบของคำตอบมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ทั้งนี้ประยุกต์มาจากการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ได้แก่ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM) และไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) จากนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรวจสอบข้อมูลของการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดซ้ำอีกครั้ง (Re-examined) เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 วัน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงในการจัดกลุ่มแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาลงความเห็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัยเพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator triangulation) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณผู้วิจัยหาความถี่ของคำตอบ และรายงานโดยใช้ค่าร้อยละเพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดในกลุ่มต่าง ๆ สำหรับข้อมูลที่ได้จากการถอดเทปบันทึกวีดิทัศน์ แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย ใบงานและใบกิจกรรม และบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยการตีความหมายและลงข้อสรุปจากข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดเช่นเดียวกับคำตอบที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดเพื่อตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล(Data triangulation) กับผลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิด แล้วเสนอผลการวิเคราะห์ต่อคณะกรรมการ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาลงความเห็นต่อการวิเคราะห์เพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator triangulation) นำข้อมูลมาประมวลผลและเรียบเรียงนำเสนอในรูปของความเรียง

สรุปผลการวิจัย

ก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 10 แนวคิดย่อยในเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี ทั้งนี้สังเกตได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) โดยแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วของโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ตามลำดับ สำหรับแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกที่อยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากสารดังกล่าวไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า และการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกที่อยู่ในสภาพสารละลายเกิดจากน้ำซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า ในขณะที่บางส่วนเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากความไม่บริสุทธิ์ของสารละลายและอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกกับน้ำ แนวคิดเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เชื่อว่า สภาพขั้วของโมเลกุล คือ อำนาจไฟฟ้าของแต่ละอะตอมที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล ส่วนแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะไอออนิกนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้คิดว่าในสารประกอบไอออนิกมีพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบ และแนวคิดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลนักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้เข้าใจว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับความชิดและความห่างระหว่างสารแต่ละโมเลกุล ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งเข้าใจว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โมเลกุลขึ้นอยู่กับความสลับซับซ้อนของโครงสร้างของโมเลกุล และอีกหนึ่งเข้าใจว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับแรงผลักและแรงดึงดูดที่เกิดจากความเหมือนและความต่างของขั้วบวกกับขั้วลบที่อยู่ภายในโมเลกุล นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโลหะ การนำไฟฟ้าของโลหะ และรูปร่างโมเลกุลตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่านักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะไอออนิกและการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย ตามลำดับ สำหรับแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก นักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้เข้าใจว่าโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกอนุภาคจะอยู่ชิดกันและจับตัวกันอย่างหนาแน่นเหมือนกับของแข็งโดยทั่ว ๆ ไป ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งเข้าใจว่าในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกอนุภาคจะอยู่ชิดกันและยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ ส่วนแนวคิดการเกิดพันธะไอออนิกนักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้เข้าใจว่าพันธะไอออนิกเกิดจากการให้และการรับอิเล็กตรอนของโลหะกับอโลหะตามกฎออกเตต ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ และแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่ายนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์เหมือนกับแบบจำลองโครงสร้างผลึกของชนิดอื่นโดยทั่วไปและการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากอนุภาคที่อยู่รวมกันอย่างเป็นระเบียบ และอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์เหมือนกับโครงสร้างของบัคมินสเตอร์ฟุลเลอรีนและการนำไฟฟ้าเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันอย่างเป็นระเบียบของอนุภาค อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนจำนวนน้อยมากที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CMM) ในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

หลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น กล่าวคือ แบบจำลองความคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมีทั้ง 10 แนวคิดย่อย โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก เป็นแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) มากที่สุด รองลงมา คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกและแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะ ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ในตอนก่อนเรียนนั้นแนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องมากที่สุดแต่เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแต่ละคนถูกกระตุ้นให้สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก นำเสนอแบบจำลองความคิด และลงมือสร้างแบบจำลองโดยใช้โฟมที่มีลักษณะเป็นทรงกลม ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้สื่อแอนิเมชัน ปรับปรุงแก้ไขและขยายแบบจำลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนยังเข้าใจเกี่ยวกับขนาดของไอออนบวกว่ามีขนาดเล็กกว่าขนาดของไอออนลบอีกด้วย และนอกจากนี้ยังเป็นที่น่าแปลกใจว่าแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก ก่อนเรียนแนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มากที่สุด โดยนักเรียนเชื่อว่าน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สารละลายไอออนิกนำไฟฟ้าได้ แต่หลังจากที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ซึ่งนักเรียนแต่ละคนถูกกระตุ้นให้สร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกโดยใช้คำถามปลายเปิด นักเรียนนำเสนอแบบจำลองความคิด และนักเรียนทำการทดลองตรวจสอบการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่นเทียบกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกที่ละลายในน้ำกลั่น ประเมินแบบจำลองโดยใช้สื่อแอนิเมชันที่เชื่อมโยงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของการนำไฟฟ้าทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ จากนั้นปรับปรุงแก้ไข และขยายแบบจำลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น แนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ก่อนเรียนแนวคิดนี้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) แต่หลังจากที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรูที่ 8 ซึ่งนักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดของตนเอง นำเสนอแบบจำลองและประเมินแบบจำลองโดยใช้กิจกรรมอุปมาอุปไมยจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์โดยใช้กระดุมสีต่าง ๆ แทนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุที่มาสร้างพันธะกันร่วมกับสื่อแอนิเมชันที่เชื่อมโยงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับ จากนั้นปรับปรุงแก้ไข และขยายแบบจำลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะซึ่งก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) แต่หลังจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมโดยนักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของโลหะ นำเสนอแบบจำลองและประเมินจากกิจกรรมการทดลอง ร่วมกับการใช้สื่อแอนิเมชันที่เชื่อมโยงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับ จากนั้นปรับปรุงแก้ไข และขยายแบบจำลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มีจำนวนลดลงจากเดิมในทุกแนวคิดย่อย โดยเฉพาะแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) ลดลงมากสุด คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก รองลงมา คือ สภาพขั้วของโมเลกุล และการเกิดพันธะไอออนิก ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบอีกว่าหลังเรียนไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR) อย่างไรก็ตามหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า ยังมีนักเรียนอีกบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เป็นแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มากที่สุด โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของพันธะในโมเลกุล ดังนั้นจุดเดือดของสารโคเวเลนต์จึงทำนายได้จากความแตกต่างของค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุที่มาสร้างพันธะกันของโมเลกุลโคเวเลนต์ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่านั้น รองลงมา คือ แนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าแบบจำลองโครงสร้างของแกรไฟต์มีลักษณะเหมือนกับแบบจำลองของของแข็งชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปและเหมือนกับแบบจำลองโครงสร้างของบัคมินสเตอร์ฟุลเลอรีนและการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากภายในผลึกยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าแบบจำลองโครงสร้างของแกรไฟต์มีลักษณะเหมือนกับแบบจำลองของของแข็งชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปและแกรไฟต์เป็นธาตุโลหะซึ่งอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระจึงทำให้นำไฟฟ้า และแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะโลหะ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้คิดว่าการเกิดพันธะโลหะเหมือนกับการเกิดพันธะไอออนิกเนื่องจากมีการยึดเหนี่ยวกันด้วยประจุบวกและประจุลบ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งคิดว่าภายในผลึกของโลหะมีการยึดเหนี่ยวด้วยพันธะโคเวเลนต์ ทั้งนี้อาจเกิดจากนักเรียนมีความสับสนระหว่างแบบจำลองแต่ละประเภทที่ใช้อธิบายการเกิดพันธะแต่ชนิด

ผลการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 10 แนวคิดย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ ทั้งนี้สังเกตได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM) มากที่สุด แต่ภายหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะเคมีทั้ง 10 แนวคิดย่อย ทั้งนี้สังเกตได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) เพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลดังกล่าวเป็นหลักฐานที่บ่งชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีที่สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองความคิดของตนเองไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากนักเรียนได้มีโอกาสในการสร้างแบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิด ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยพบจุดเด่นและข้อจำกัดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบนี้ ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนในรายวิชาเคมีต่อไป ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธะเคมีมากขึ้น ดังนั้นกิจกรรมลักษณะดังกล่าวจึงเป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อีกแนวทางหนึ่งที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดสอดคล้องแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังนั้นครูควรนำรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ไปใช้ในแนวคิดย่อยอื่น ๆ ในเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เช่น พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องอื่น ๆ ที่มีลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและมีการใช้แบบจำลองหลายชนิด เช่น กรด – เบส ไฟฟ้าเคมี และของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นต้น

2. ผลการวิจัยพบว่า แนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ ซึ่งในระหว่างที่ทำกิจกรรมเพื่อเรียนรู้แนวคิดเหล่านี้ ในขั้นประเมินแบบจำลองของการจัดกิจกรรมนักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมที่เป็นการทดลอง การสร้างแบบจำลอง การอุปมาอุปไมย และสื่อแอนิเมชันที่เชื่อมโยงในทั้ง 3 ระดับ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานควรเน้นกิจกรรมที่มีลักษณะเช่นนี้เพื่อช่วยให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FMM) กล่าวคือ ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและการนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย ดังนั้นในการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียนว่ามีแนวคิดในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างไร รวมทั้งแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของเรื่องนั้น ๆ ว่าเป็นอย่างไร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนบางส่วนยังไม่เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในขั้นการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ครูควรเน้นการอภิปรายในขั้นนี้ให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทที่ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ด้วยข้อจำกัดด้านเนื้อหา บริบทที่ศึกษาและด้านเวลาในการวิจัย ดังนั้นจึงทำให้ผลที่ได้จากการวิจัยไม่ใช้ตัวแทนทั้งหมดของการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยขอเสนอแนะว่า

1. ควรมีการศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีในครูผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายว่ามีแบบจำลองความคิดในเรื่องนี้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร เนื่องจากแบบจำลองความคิดของครูน่าจะมีผลต่อการสร้างแบบจำลองความคิดของนักเรียนประกอบกับเพื่อพัฒนาการสอนของครู

2. ควรศึกษาการพัฒนาด้านอื่น ๆ ของนักเรียน เช่น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองและธรรมชาติของแบบจำลอง ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3. ควรศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาอื่น ระดับชั้นอื่น และบริบทอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. 2543. **ปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2551. “แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี.”**วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี** 19 (2): 10-28.

ทิศนา แขมมณี. 2550. **ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมแห่งจุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย.

นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง. 2543. **ผลการสอนเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์. 2546. **เทคโนโลยีสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2540. **Constructivism**. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา)

_____. 2541. “ทฤษฎีการสร้างความรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.”ในคณะกรรมการกองทุนศาสตราจารย์ ดร. อุบล เรียงสุวรรณ. (บรรณาธิการ). **สาระการศึกษา “การเรียนการสอน”**. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 44-62.

_____. 2544. **การสังเคราะห์วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2521-2544**. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). 2551. **รายงานสรุปผลการจัดสอบการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2550**.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. **การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. 2547. **หนังสือเรียนสาระการรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545)**. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานปฏิรูปการศึกษา (สปศ.). 2544. **108 คูณ 2 ปัญหาปฏิรูปการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานปฏิรูปการศึกษา องค์การมหาชนเฉพาะกิจ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2543. **การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษา ประเทศสหรัฐอเมริกา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

_____. 2551ก. **สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล พ.ศ. 2550**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

_____. 2551ข. **รายงานการติดตามและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท เพลิน สตูดิโอ จำกัด.

สำนักนโยบายและแผนการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม. 2543. **หัวใจของการปฏิรูปการศึกษา ตามแนว พ.ร.บ. การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2442**. กรุงเทพมหานคร: สำนักนโยบายและแผนการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม.

สุนีย์ คล้ายนิล. 2545. **การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ไทยเทียบกับนานาชาติ.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. 2550. “จะสอนวิทยาศาสตร์อย่างไร: แค่คำถามก็ผิดแล้ว.” **วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี** 35 (149): 14-17.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี, และ อัมพลิกา ประโมจนีย์. 2550. **บทสรุปเพื่อการบริหาร: การรู้วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ของนักเรียนวัย 15 ปี.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุภางค์ จันทรวานิช. 2543**. วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

องอาจ นัยพัฒน์. 2551. **การออกแบบการวิจัย: วิธีการเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ และการผสมผสานวิธีการ**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Barker, V. and R. Millar. 2000. "Students'reasioning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: What change occur during a contex-based post-16 chemistry course." **International Journal of Science Education** 22 (11): 1171-1200.

Bodner, G. M. and D. S. Domin. 2000. "Mental models: The role of representations in problem solving in chemistry." **University Chemistry Education** 4 (1): 24-30.

Boo, H. K. 1998. "Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions." **Journal of Research in Science Teaching** 35 (5): 569-581.

Bouter, C. J. and B.C. Buckley. 2000. "Constructing a typology of models for science education." In J. K. Gilbert and C. J. Bouter. (eds.). **Developing Models in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 41-57.

Buckley, B. C. and C. J. Bouter. 2000. "Investigating the role of representations and expressed models in building mental models." In J. K. Gilbert and C. J. Bouter. (eds.). **Developing Models in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 119-135.

Cartier, J., J. Rudolph, and J. Stewart. 2001. **NCISLA, Wisconsin Center for Education Research.** Wisconsin: University of Wisconsin–Madison.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chiu, M.-H., C.-C. Chou and C.-J. Liu. 2002. "Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental model of chemical equilibrium." **Journal of Research in Science Teaching** 39 (8): 688-721.

Clement, J. J. 2008. "Student/teacher co-construction of visualizable models in large group discussion." In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez. (eds.). **Model Based Learning and Instruction in Science**. Netherlands: Springer, 11-22.

Coll, R. K. 2008. "Chemistry learners' preferred mental models for chemical bonding." **Journal of Turkish Science Education** 5 (1): 22-47.

_____. and N. Taylor. 2001. "Alternative conception of chemical bonding held by upper secondary and tertiary student." **Research in Science and Technological Education** 19 (2): 171-191.

_____. 2002. "Mental models in chemistry: Senior chemistry students' mental models of chemical bonding." **Chemical Education: Research and Practice in Europe** 3 (2): 175-184.

_____. and D. F. Treagust. 2001a. "Learners' mental models of chemical bonding." **Research in Science Education** 31: 357-382.

_____. 2001b. "Learners' use of analogy and alternative conceptions for chemical bonding." **Australian Science Teacher Journal** 48 (1): 24-32.

_____. 2002. "Exploring tertiary students' understanding of chemical bonding." **Research in Science and Technological Education** 20 (2): 241-267.

_____. 2003a. "Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding." **Journal of Research in Science Teaching** 40 (5): 464-486.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Coll, R. K. 2003b. "Learners' mental models of metallic bonding: A cross-age study." **Science Education** 87 : 685-707.

_____., B. France, and I. Taylor. 2005. "The role of models/and analogies in science education: Implications from research." **International Journal of Science Education** 27 (2): 183-198.

Eduran, S. and R. A. Duschl. 2004. "Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom." **Studies in Science Education** 40: 105-138.

Eilam, B. 2004. "Drops of water and soap solution: Students' constraining mental models of the nature of matter." **Journal of Research in Science Teaching** 41 (1): 970-993.

Franco, C. and D. Colinvaux. 2000. "Grasping mental model." In J. K. Gilbert and C.J. Bouter. (eds.). **Developing Models in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 93-117.

Gilbert, J. K. 2004. "Model and modelling: Routes to more authentic science education." **International Journal of Science and Mathematics Education** 2: 115-130.

_____. 2005. "Visualization: A metacognitive skill in science and science education." In J. K. Gilbert. (ed.). **Visualization in Science Education**. Netherlands: Springer, 9-27.

_____., C. J. Bouter, and R. Elmer. 2000. "Positioning models in science education and in design and technology education." In J. K. Gilbert and C.J. Bouter. (eds.). **Developing Models in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3-17.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gobert, J. D. and B. C. Bucley. 2000. "Introduction to model-based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education** 22 (9): 891-894.

Greca, I. M. and M. A. Moreira. 2000. "Mental models, conceptual models, and modeling." **International Journal of Science Education** 22 (1): 1-11.

Harrison, A. G. and D. F. Treagust. 1996. "Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry." **Science Education** 80 (5): 509-534.

_____. 2000. "Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry." **Science Education** 84: 352-381.

Holloun, I. 2004. **Modeling Theory in Science Education.** Netherland**s:** Kluwer Academic Publishers.

Jonestone, A. H. 1993. "The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand." **Journal of Chemical Education** 70 (9): 701-705.

Justi, R. and J. Gilbert. 2002. "Models and modeling in chemical education." In J. K. Gilbert et al. (eds.). **Chemical education: Towards research-based practice**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 47-68.

Kenyon, L., C. Schwarz, and B. Hug. 2008. "The benefits of scientific modeling." **Science and Children**. 41-44.

Khan, K. 2007. "Model-based inquiries in chemistry." **Science Education** 91: 877-905.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Khan, K. 2008a. "Model-based teaching as a source of insight for the design of a viable science simulation." **Technology Instruction Cognition and Learning** 6: 63-78.

_____. 2008b. "Co-construction and model evolution in chemistry." In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez. (eds.). **Model Based Learning and Instruction in Science**. Netherlands: Springer, 59-78.

Nicoll, G. 2001. "A report of undergraduates' bonding misconception." **International Journal of Science Education** 23 (7): 707-730.

Norman, D. A. 1983. "Some observations on mental models." In D. Gentner and A. L. Stevens. (eds.). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 7-14.

Ogan-Bekiroglu, F. 2007. "Effect of model-based teaching on pre-service physics teachers'conceptions of the moon, moon phases, and other lunar phenomena." **International Journal of Science Education** 29 (5): 555-593.

Omzen, H. 2004. "Some student misconception in chemistry: A literature review of chemical bonding." **Journal of Science Education and Technology** 13 (2): 147-159.

Peterson, R. F., D. F. Treagust, and P. Garnett. 1989. "Development and application of a daiagnostic instrument to evaluate grade-11 and grade-12 students' conceptions of covalent bonding and structure following a course of instruction." **Journal of Research in Science Teaching** 26 (4): 301-314.

Rea-Ramirez, M. A., J. Clement, and M. C. Nunez-Oviedo. 2008. "An instructional model derived from model construction and criticism theory." In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez. (eds.). **Model Based Learning and Instruction in Science**. Netherlands: Springer, 23-43.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Taber, K. S. 2003. "Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning." **Science Education** 87: 732-758.

_____. and R. K. Coll. 2002. "Bonding". In J. K. Gilbert et al. (eds.). **Chemical Education: Towards Research-based Practice**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 213-234.

Treagust, D. F., G. D. Chittleborough, and T. L. Mamiala. 2004. "Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry." **Research in Science Education** 34: 1-20.

Unal, S., M. Calik, A. Ayas, and R. K. Coll. 2006. "A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions." **Research in Science and Technological Education** 24 (2): 141-172.

White, R. and R. Gunstone. 1992. **Probing Understanding.** London: The Falmer Press.

Williamson, V. M. and M. R. Abraham. 1995. "The effect of computer animation on the particulate mental model of college chemistry students." **Journal of Research in Science Teaching** 32 (5): 521-534.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

ดร. เอกรัตน์ ศรีตัญญู	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. จรรยา ดาสา	สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล
ว่าที่ ร.ต. เรืองยศ ธนาธิบดี	ครูชำนาญการพิเศษกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปทุมราชวงศา
อาจารย์สร้อยสุดา แก้วมหา	ครูชำนาญการพิเศษกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเขมราฐพิทยาคม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมี
วิชา เคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

.....

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมี เป็นแบบวัดชนิดคำถามปลายเปิด ซึ่งมีคำถามทั้งหมด 10 ข้อ จำนวน 6 หน้า
2. ให้นักเรียนวาดภาพ ตอบคำถามและอธิบายเหตุผลให้ละเอียด โดยแสดงความคิดเห็นอย่างชัดเจนตามความเข้าใจของนักเรียน
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแบบจำลองความคิด 90 นาที
4. คำตอบของนักเรียนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมีต่อไป

.....

<u>ข้อมูลส่วนตัว</u>

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ 15 ปี ☐ 16 ปี
   ☐ 17 ปี ☐ มากกว่า 17 ปี
3. เกรดเฉลี่ยสะสมวิชาวิทยาศาสตร์
   ☐ ต่ำกว่า 2.00 ☐ 2.00 – 2.49
   ☐ 2.50 – 2.99 ☐ 3.00 – 3.49 ☐ 3.50 – 4.00
4. นักเรียนชอบเรียนวิชาเคมีหรือไม่ ☐ ชอบ ☐ไม่ชอบ

เหตุผล.....
.....
.....
.....

.....

ผู้วิจัย นายณัชธฤต เกื้อทาน
นิสิตปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

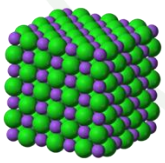
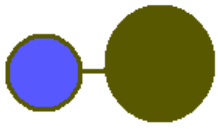
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

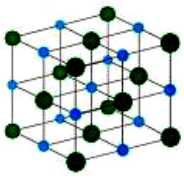
1. จงวาดภาพแสดงพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) พร้อมทั้งบอกชนิดของพันธะและอธิบายการเกิดพันธะในสารประกอบดังกล่าว

ภาพแสดงพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....

2. ถ้านักเรียนนำผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ไปตรวจด้วยเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงจนสามารถมองเห็นอนุภาคของสารที่เป็นองค์ประกอบในผลึก ภาพที่นักเรียนเห็นจะมีลักษณะตามข้อใด จงอธิบายเหตุผลประกอบว่าเพราะเหตุใดจึงทำให้มองเห็นเป็นเช่นนั้น

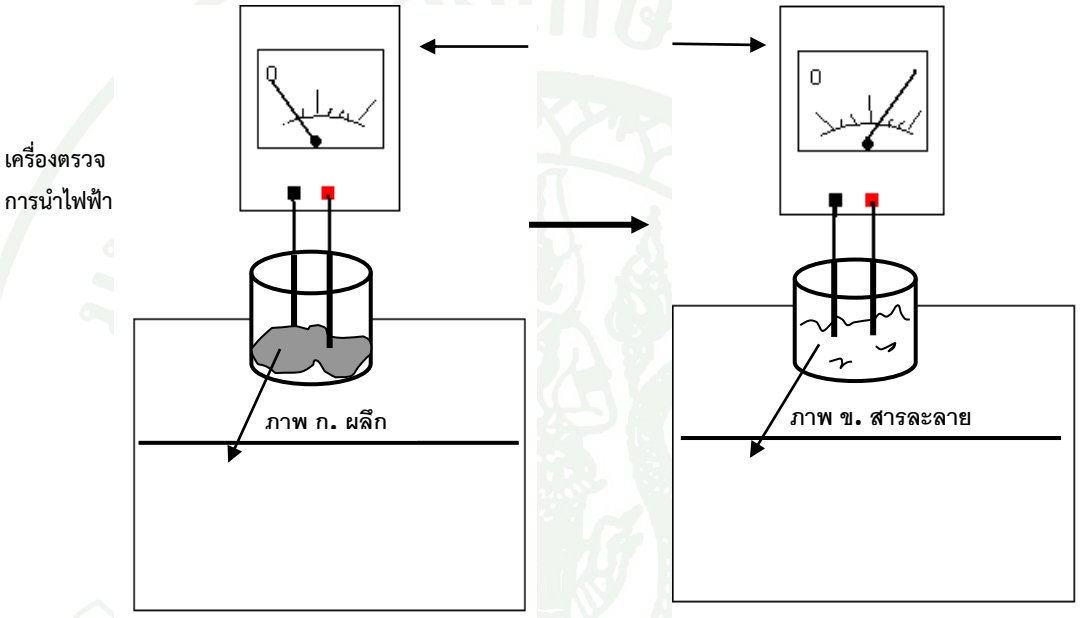


ก. ข. ค. ง.

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เมื่อนำผลึกของสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) มาวัดสภาพการนำไฟฟ้า พบว่าเข็มของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงชี้อยู่ที่เลขศูนย์ ดังภาพ ก. แต่เมื่อนำผลึกของสารดังกล่าวไปละลายน้ำ แล้วนำไปวัดสภาพการนำไฟฟ้าอีกครั้ง พบว่าเข็มของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าเบนไปจากเลขศูนย์ ดังภาพ ข. ตามลำดับ จงอธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น พร้อมทั้งวาดภาพเพื่อแสดงอนุภาคของสารดังกล่าวลงภายในกรอบที่กำหนดให้ (กำหนดให้เลือกใช้ ◯ และ ● แทนอนุภาคแต่ละชนิดในสารประกอบแคลเซียมคลอไรด์)



ภาพอนุภาคของสารในผลึก $CaCl_2$ **ภาพอนุภาคของสารในสารละลาย $CaCl_2$**

คำอธิบาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

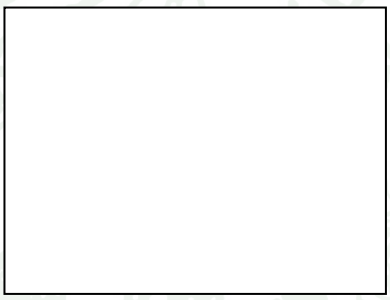
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.

ภาพผลึกของไอโอดีน (I_2)

จากภาพข้างบน จงบอกชนิดของพันธะและอธิบายการสร้างพันธะของอะตอมไอโอดีน (I) ในโมเลกุลของไอโอดีน (I_2) 1 โมเลกุล พร้อมทั้งเขียนโครงสร้างประกอบ

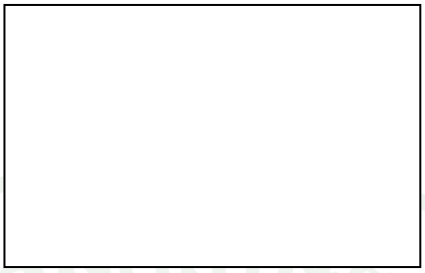


ภาพโครงสร้างโมเลกุลของไอโอดีน (I_2) 1 โมเลกุล

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

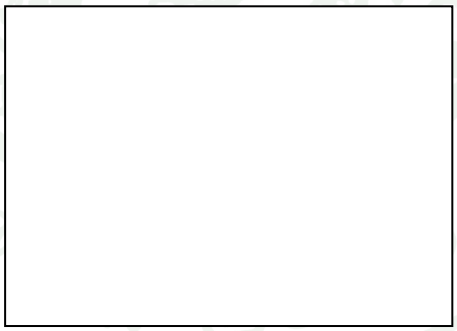
5. จงเขียนโครงสร้างโมเลกุลและบอกรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์ (Cl_2O) พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



ภาพโครงสร้างโมเลกุลและรูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอกไซด์

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....

6. จงเขียนโครงสร้างของโมเลกุลไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) และทำนายสภาพขั้วของโมเลกุลของสารดังกล่าวว่าเป็นอย่างไร พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



ภาพโครงสร้างและสภาพขั้วของโมเลกุลไนโตรเจนไตรคลอไรด์

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาร	สภาพขั้วของโมเลกุล	จุดเดือด (°C)
HF	มีขั้ว	19
HCl	มีขั้ว	-85

7. จากข้อมูล จงอธิบายว่าเพราะเหตุใดสารทั้ง 2 ชนิด จึงมีจุดเดือดแตกต่างกันมาก พร้อมทั้งวาดภาพโมเลกุลของสารประกอบการอธิบาย

ภาพโมเลกุลของ HF **ภาพโมเลกุลของ HCl**

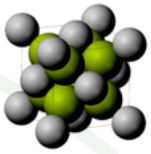
คำอธิบาย.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

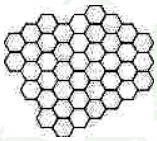
8. สารประกอบของคาร์บอน (C) ชนิดหนึ่งเป็นของแข็งสีดำ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง นำไฟฟ้าได้ จากสมบัติของสารที่กล่าวมา ถ้านักเรียนต้องการใช้แบบจำลองโครงสร้างเพื่ออธิบายสมบัติของสารประกอบดังกล่าว นักเรียนจะเลือกใช้แบบจำลองตามข้อใด จงอธิบายเหตุผลประกอบในการเลือกภาพแบบจำลอง

ก.

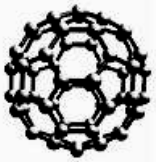
ข.



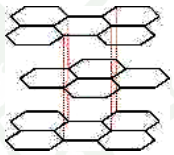
ค.



ง.



จ.



ฉ.

คำอธิบาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.

ภาพเหล็ก (Fe)

จากภาพ จงอธิบายการเกิดพันธะภายในเหล็ก (Fe) พร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองแสดงรายละเอียดของการเกิดพันธะประกอบการอธิบาย

ภาพแบบจำลองแสดงรายละเอียดของการเกิดพันธะภายในเหล็ก

คำอธิบาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

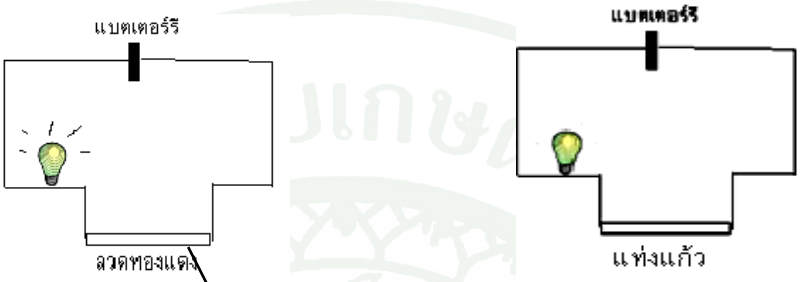
.....

.....

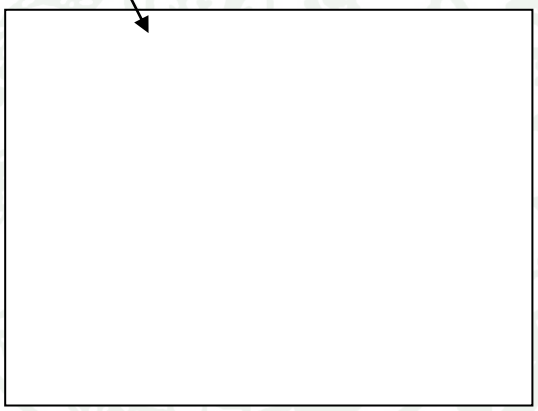
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. เมื่อนำลวดทองแดง (Cu) มาต่อเข้ากับแบตเตอร์รีและหลอดไฟ พบว่าหลอดไฟสว่าง ดังภาพ ก. แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้แท่งแก้วแทนลวดทองแดง พบว่าหลอดไฟไม่สว่าง ดังภาพ ข. จงอธิบายว่าเพราะเหตุใดหลอดไฟในภาพ ก. จึงสว่าง พร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองแสดงอนุภาคภายในของลวดทองแดง



ภาพ ก. หลอดไฟสว่าง **ภาพ ข. หลอดไฟไม่สว่าง**



ภาพแบบจำลองแสดงอนุภาคภายในของลวดทองแดง

คำอธิบาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ..... **เรื่อง** .....

วัน ..... **เดือน** .....**พ.ศ.** .....

คำชี้แจง แบบบันทึกภาคสนามนี้ใช้บันทึกระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กิจกรรมการเรียนรู้	บรรยากาศ	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	หมายเหตุ
ขั้นสร้างแบบจำลอง				
ขั้นประเมินแบบจำลอง				
ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง				
ขั้นขยายแบบจำลอง				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบบันทึกวีดิทัศน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ..... **เรื่อง** .....
ครั้งที่ ..... **วัน** ..... **เดือน** .....**พ.ศ.** .....

การถอดเทปวีดิทัศน์	การลงความเห็น	หมายเหตุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชาเคมี 1 รหัส ว 40221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พันธะเคมี
เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก เวลา 120 นาที

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

สำรวจตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายและอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลหรือในโครงผลึกของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารในเรื่องจุดเดือด จุดหลอมเหลวและสถานะกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้น

มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือวัดที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

1. สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบหรือสร้างแบบจำลองหรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
2. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
3. สร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ หรือแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ หรือระบุแนวโน้มถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากผลการสำรวจตรวจสอบ
4. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผลใช้พยานหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. บอกชนิดของธาตุในการเกิดสารประกอบไอออนิก (K)
2. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก (K)
3. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายและทำนายการเกิดพันธะไอออนิก (P, NOS)
4. อธิบายเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างและปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก (K)
5. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกบางชนิด (P, NOS)
6. ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (NOS)
7. มีความรับผิดชอบ สนใจใฝ่รู้ใฝ่เรียน ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ตลอดจนทำงานกลุ่มร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ (A)

แนวความคิดหลัก

พันธะไอออนิกเป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต (Electrostatic force) ระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ โดยทั่วไปพบในสารที่มีโลหะและอโลหะเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อเกิดพันธะไอออนิกโลหะจะมีแนวโน้มที่ให้อิเล็กตรอนได้ง่ายแล้วกลายเป็นไอออนบวก ส่วนอโลหะมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนลบ สารประกอบที่มีพันธะไอออนิกเรียกว่า สารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกจัดเรียงตัวเป็นโครงผลึกที่มีรูปร่างแน่นอน ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบเรียงต่อเนื่องสลับกันไปทั้ง 3 มิติ ไม่สามารถแยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวๆ ได้ โครงสร้างของผลึกของสารประกอบไอออนิกแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน

กระบวนการจัดการเรียนการสอน

(ชั่วโมงที่ 1)

<u>ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง</u> (Generation phase)

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 5-6 คน โดยใช้วิธีการให้นักเรียนแต่ละคนสุ่มหยิบรายชื่อของเพื่อนจากกล่องไปรษณีย์
2. นักเรียนทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง 20 ธาตุนี้มีสมบัติอย่างไร เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติของโลหะและอโลหะ ค่าพลังงานไอออไนเซชัน โดยใช้เวลา 10 นาที

<u>หมายเหตุ</u> ในระหว่างที่นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมครูเดินสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มและคอยตั้งคำถามเพื่อช่วยชี้แนะแนวทางให้นักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้

3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า *“พลังงานไอออไนเซชัน คือ พลังงานที่ใช้ในการดึงอิเล็กตรอนออกจากอะตอมหรือไอออนที่อยู่ในสภาวะแก๊สในสถานะพื้น*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าพลังงานไอออไนเซชัน สามารถนำมาใช้ในการทำนายแนวโน้มของการให้และรับอิเล็กตรอนของธาตุได้ กล่าวคือธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำจะมีแนวโน้มให้อิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง ในขณะที่ธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูงก็จะรับอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ" โดยใช้ประเด็นคำถามในใบกิจกรรมที่ 2.1 ดังนี้

- นักเรียนจัดเรียงธาตุโลหะได้อย่างไร
  (ธาตุโลหะมีทั้งหมด 7 ธาตุ ได้แก่ Li, Be, Na, Mg, Al, K และ Ca)
- นักเรียนจัดเรียงธาตุอโลหะได้อย่างไร
  (ธาตุอโลหะมีทั้งหมด 8 ธาตุ ได้แก่ H, C, N, O, F, P, S และ Cl)
- นักเรียนจัดเรียงค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุโลหะจากน้อยไปมากได้อย่างไร
  (K, Na, Li, Ca, Mg, Be และ Al)
- นักเรียนจัดเรียงค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุอโลหะจากน้อยไปมากได้อย่างไร
  (P, S, C, Cl, H, N, O และ F)
- นักเรียนจัดเรียงค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุโลหะและอโลหะจากน้อยไปมากอย่างไร
  (K, Na, Li, Al, Ca, Mg, Be, P, S, C, Cl, H, N, O และ F)
- เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเรียงได้เช่นนั้น
  (เนื่องจากธาตุโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ต่ำกว่าธาตุอโลหะ)
- ในความหมายของนักเรียนพลังงานไอออไนเซชันคืออะไร
  (พลังงานที่ใช้ในการดึงอิเล็กตรอนออกจากอะตอมหรือไอออนที่อยู่ในสภาวะแก๊ส ในสถานะพื้น)
- ธาตุโลหะมีแนวโน้มของการให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร
  (ธาตุโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ต่ำจึงมีแนวโน้มที่จะให้อิเล็กตรอนได้ง่าย)
- ธาตุอโลหะมีแนวโน้มของการให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร
  (ธาตุอโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 สูงจึงมีแนวโน้มที่จะให้อิเล็กตรอนได้ยาก)
- ธาตุโลหะมีแนวโน้มของการรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร
  (ธาตุโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ต่ำจึงมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนได้ยาก)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ธาตุอโลหะมีแนวโน้มของการรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร
  (ธาตุอโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 สูงจึงมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนได้ง่าย)
- พลังงานไอออไนเซชันมีความสัมพันธ์กับการให้และรับอิเล็กตรอนอย่างไร
  (ธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำจะมีแนวโน้มให้อิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง ในขณะที่ธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูงก็จะรับอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ)

4. ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุและแรงดึงดูดระหว่างไอออน โดยใช้คำถามดังนี้

- เมื่อนำธาตุโลหะมารวมกับธาตุอโลหะจะมีแนวโน้มของการให้และรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร
  (ธาตุโลหะมีแนวโน้มที่จะให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแก่ธาตุอโลหะได้ง่าย หรือธาตุอโลหะมีแนวโน้มที่จะรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนจากธาตุโลหะได้ง่าย)
- เมื่อมีการให้เวเลนซ์อิเล็กตรอน อะตอมของธาตุโลหะจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
  (เปลี่ยน ธาตุโลหะจะเกิดเป็นไอออนบวกที่มีประจุเท่ากับอิเล็กตรอนที่เสียไป ส่วนธาตุอโลหะจะเกิดเป็นไอออนลบที่มีประจุเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับ)
- เมื่อมีการรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนอะตอมของธาตุอโลหะจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
  (เปลี่ยน ธาตุอโลหะจะเกิดเป็นไอออนลบที่มีประจุเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับ)
- นักเรียนคิดว่าถ้านำไอออนบวกและไอออนลบมาวางไว้ใกล้ ๆ กันจะเป็นอย่างไร
  (จะมีแรงดึงดูดทางไฟฟ้าเกิดขึ้นระหว่างไอออนทั้งสองชนิด เนื่องจากไอออนทั้งสองมีประจุไฟฟ้าต่างกัน)

5. ครูหยิบบัตรคำสัญลักษณ์ของธาตุ Na และ Cl ขึ้นมา แล้วถามนักเรียนว่า *"การเกิดสารประกอบระหว่างธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีลักษณะการรวมตัวกันอย่างไร"* จากนั้นนักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิกจากการทำกิจกรรมในตอนที่ 1 ของใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง อะตอมของโซเดียมและคลอรีนรวมตัวกันอย่างไร โดยใช้เวลา 5 นาที

หมายเหตุ ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมครูเดินสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละคน และคอยตั้งคำถามเพื่อล้วงแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะระหว่างโซเดียมกับคลอรีนของนักเรียนออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

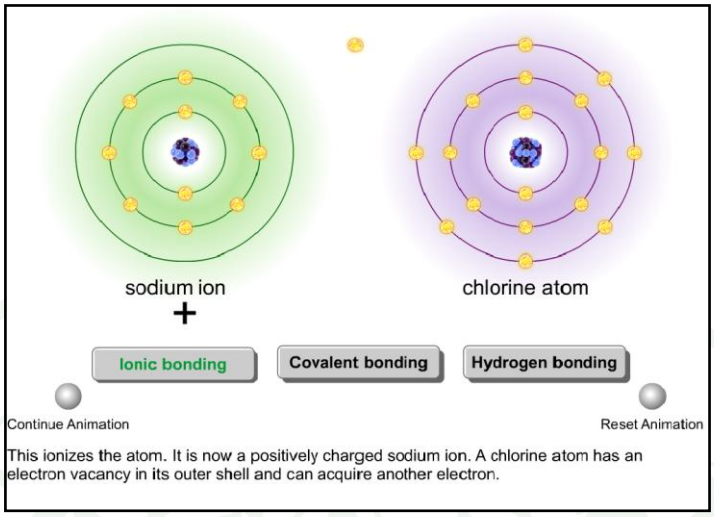
- สมบัติความเป็นโลหะและอโลหะของธาตุทั้ง 2 ชนิดเป็นอย่างไร
  (ธาตุโซเดียมเป็นโลหะ ส่วนธาตุคลอรีนเป็นอโลหะ)
- การจัดอิเล็กตรอนของธาตุโซเดียมและคลอรีนเป็นอย่างไร
  (โซเดียมมีเลขอะตอม 11 จัดอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 1 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 ส่วนคลอรีนมีเลขอะตอม 17 จัดอิเล็กตรอนเป็น 2,8,7 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7)
- อะตอมของธาตุโซเดียมจะมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
  (โซเดียมมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ต่ำ จึงมีแนวโน้มที่จะให้เวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอนแก่คลอรีน แล้วกลายเป็นโซเดียมไอออน (Na^+) ซึ่งมีความเสถียรเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8)
- อะตอมของธาตุคลอรีนจะมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
  (คลอรีนมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 สูง จึงมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอนจากโซเดียมแล้วกลายเป็นคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งมีความเสถียรเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8)
- อะตอมของธาตุทั้ง 2 ชนิด มีการรวมตัวกันอย่างไร
  (ธาตุทั้ง 2 ชนิด ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ)

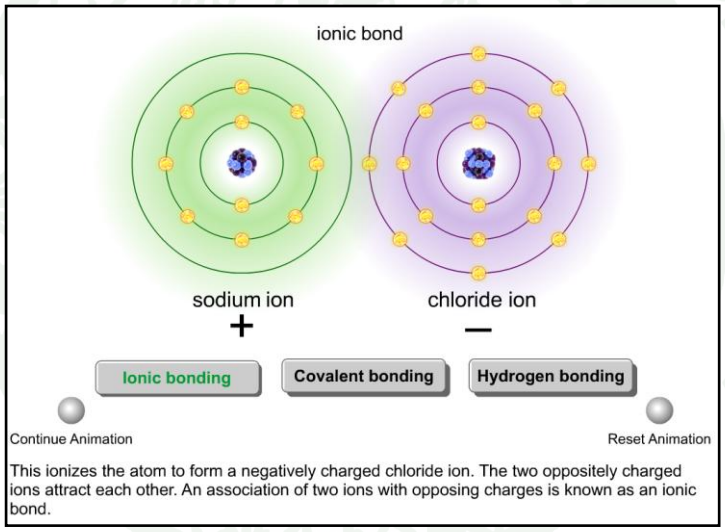
<u>หมายเหตุ</u> คำตอบที่ได้จากนักเรียนในขั้นตอนนี้อาจไม่เป็นไปตามนี้ เนื่องจากแบบจำลองความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นมักไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

6. ครูสุ่มนักเรียน 2-3 คน ออกมานำเสนอแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะระหว่างโซเดียมกับคลอรีนหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูถามนักเรียนคนอื่น ๆ ว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเหมือนหรือต่างจากเพื่อนอย่างไร ซึ่งขั้นนี้จะทำให้ครูทราบแบบจำลองความคิดของนักเรียนทั้งห้องว่าเป็นอย่างไร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>ขั้นประเมินแบบจำลอง</u> (Evaluation phase)





7. นักเรียนดูคลิปวีดีโอของแบบจำลองการเกิดพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโซเดียมกับคลอรีนจากคอมพิวเตอร์ เพื่อประเมินแบบจำลองความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นและให้ได้ข้อสรุปว่า *“แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุโซเดียมซึ่งเป็นโลหะกับอะตอมของธาตุคลอรีนซึ่งเป็นอโลหะเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตของโซเดียมไอออนซึ่งเป็นไอออนบวกกับคลอไรด์ไอออนซึ่งเป็นไอออนลบลบ เรียกว่าพันธะไอออนิก”* โดยครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนพิจารณาดังต่อไปนี้

- เกิดอะไรขึ้นกับอะตอมของธาตุทั้ง 2 ชนิด
  (นักเรียนอาจตอบว่า โซเดียมให้อิเล็กตรอนแก่คลอรีนแล้วเกิดเป็นไอออนบวก ส่วนคลอรีนรับอิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็นไอออนลบ จากนั้นไอออนทั้ง 2 ชนิดจะมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกันทำให้ไอออนทั้งสองอยู่ชิดกัน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การให้อิเล็กตรอนของธาตุโซเดียมเป็น*อย่างไร*
  (โซเดียมจะให้เวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอนแก่คลอรีน)
- เมื่อมีการให้อิเล็กตรอนอะตอมของธาตุโซเดียมเป็นอย่างไร
  (อะตอมของธาตุโซเดียมจะเกิดเป็นไอออนบวกและมีขนาดเล็กกว่าอะตอมเดิม)
- การรับอิเล็กตรอนของธาตุคลอรีนเป็นอย่างไร
  (คลอรีนจะรับอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอนจากโซเดียมเข้ามาอยู่ที่เวเลนซ์อิเล็กตรอน)
- เมื่อมีการรับอิเล็กตรอนอะตอมของธาตุคลอรีนเป็นอย่างไร
  (อะตอมของธาตุคลอรีนจะเกิดเป็นไอออนลบและมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมเดิม)
- การให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุโซเดียมกับคลอรีนเกิดขึ้นกับอิเล็กตรอนในกลุ่มใด
  (อิเล็กตรอนกลุ่มที่อยู่นอกสุดหรือที่เรียกว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอน)
- เมื่อเกิดเป็นไอออนบวกแล้วเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุโซเดียมเป็นอย่างไร
  (มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8)
- เมื่อเกิดเป็นไอออนลบแล้วเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุคลอรีนเป็นอย่างไร
  (มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8)
- เพราะเหตุใดอะตอมของธาตุทั้ง 2 ชนิด จึงพยายามจัดให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8
  (เนื่องจากเมื่ออะตอมของธาตุทั้ง 2 ชนิด มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 เหมือนแก๊สเฉื่อย จะทำให้มีพลังงานลดลงซึ่งเป็นภาวะที่เสถียร)
- อะตอมของธาตุทั้ง 2 ชนิดสร้างพันธะกันอย่างไร
  (เกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างโซเดียมไอออน (Na^+) กับคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่แข็งแรงและเกิดขึ้นอย่างไม่มีทิศทาง)

8. ครูให้ความรู้กับนักเรียนเพิ่มเติมว่า *“แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบนั้นในทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า พันธะไอออนิก และสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวด้วยพันธะไอออนิกเรียกว่า สารประกอบไอออนิก”*

<u>ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง</u> (Revise phase)

9. นักเรียนแต่ละคนกลับไปพิจารณาแบบจำลองการเกิดพันธะระหว่างอะตอมของโซเดียมกับคลอรีนที่นักเรียนสร้างขึ้นในตอนที่ 1 ของใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง อะตอมของโซเดียมและคลอรีนรวมตัวกันอย่างไร โดยครูตั้งคำถามให้นักเรียนพิจารณา ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- คำตอบของนักเรียนสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนต้องการเพิ่มเติมหรือปรับปรุงแก้ไขคำตอบในประเด็นใดบ้าง เพื่อให้คำตอบสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ศึกษา

10. นักเรียนปรับปรุงแก้ไขคำตอบลงในตอนที่ 2 ของใบกิจกรรมที่ 2.2 จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน แล้วเขียนข้อสรุปของกลุ่มลงในกระดาษปรู๊ฟเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียนในประเด็นต่อไปนี้ โดยใช้เวลา 10 นาที

- แบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นเป็นอย่างไร
- เพราะเหตุใดแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงมีลักษณะเช่นนั้น
- สัญลักษณ์ที่นักเรียนวาดหรือเขียนใช้แทนสิ่งใด
- ขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นอย่างไร

11. ครูสุ่มตัวแทนกลุ่ม 2–3 กลุ่ม ออกมานำเสนอแบบจำลองซึ่งเป็นข้อสรุปของกลุ่มหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูถามนักเรียนกลุ่มที่เหลือว่า *“แบบจำลองของกลุ่มนักเรียนเหมือนหรือต่างจากกลุ่มที่ออกมานำเสนอหรือไม่ อย่างไร”* (ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำเสนอว่าที่เหมือนกันนั้นเหมือนอย่างไรและที่ต่างกันนั้นต่างกันอย่างไร)

12. ครูนำข้อมูลที่นักเรียนนำเสนอยังไม่ชัดเจนหรือไม่ครอบคลุมมาเป็นประเด็นในการอภิปรายร่วมกับนักเรียนเพิ่มเติมอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้ข้อสรุปเป็นแบบจำลองมติของชั้นเรียนว่า *“พันธะไอออนิกเป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต ระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ โดยทั่วไปพบในสารที่มีโลหะและอโลหะเป็นองค์ประกอบ ในการเกิดพันธะไอออนิกโลหะมีแนวโน้มที่ให้อิเล็กตรอนได้ง่ายแล้วกลายเป็นไอออนบวก ส่วนอโลหะมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนลบเพื่อให้อะตอมมีการจัดเวเลนซ์อิเล็กตรอนเหมือนแก๊สเฉื่อย สารประกอบที่มีพันธะไอออนิกเรียกว่าสารประกอบไอออนิก”* โดยครูใช้คำถามนำดังนี้

- ไอออนบวกเกิดขึ้นได้อย่างไร
  (เกิดจากธาตุโลหะให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแก่ธาตุอโลหะ)
- ไอออนลบเกิดขึ้นได้อย่างไร
  (เกิดจากธาตุอโลหะรับอิเล็กตรอนธาตุจากโลหะ)
- เมื่อนำไอออนบวกและไอออนลบมารวมกันจะเป็นอย่างไร
  (เกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างไอออนทั้ง 2 ชนิด หรือเรียกว่าพันธะไอออนิก)
- การเกิดพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะเป็นอย่างไร
  (โลหะจะให้อิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็นไอออนบวก ส่วนอโลหะจะรับอิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็นไอออนลบ จากนั้นจะมีแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นระหว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไอออนทั้ง 2 ชนิด เรียกว่า พันธะไอออนิก สารประกอบที่เกิดขึ้นจึงเป็นสารประกอบไอออนิก)

- เวเลนซ์อิเล็กตรอนของไอออนทั้ง 2 ชนิด ในสารประกอบไอออนิกเป็นอย่างไร *(ไอออนทั้ง 2 ชนิดต่างมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่งเป็นสภาพที่เสถียรที่สุด)*

<u>ขั้นขยายแบบจำลอง</u> (Elaboration phase)

13. นักเรียนทำกิจกรรมใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก เพื่อเป็นการขยายแบบจำลองมติของชั้นเรียนในการอธิบายและทำนายการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้เวลา 10 นาที

<u>หมายเหตุ</u> ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมครูเดินสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละคน และคอยตั้งคำถามเพื่อช่วยชี้แนะแนวทางนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

- สารประกอบไอออนิกที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการรวมกันของธาตุกลุ่มใด *(สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่เป็นการรวมกันระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ)*
- ความเสถียรของไอออนที่เกิดขึ้นในสารประกอบแต่ละชนิดเป็นอย่างไร *(ไอออนที่เกิดขึ้นมีความเสถียรมากกว่าเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นอะตอม เนื่องจากมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน เท่ากับ 8 เหมือนแก๊สเฉื่อย)*
- แบบจำลองมติของชั้นเรียนมีขอบเขตและข้อจำกัดอย่างไร *(แบบจำลองนี้ใช้อธิบายได้เฉพาะการเกิดพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะ ซึ่งเป็นพันธะไอออนิกเท่านั้น)*

14. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบในประเด็นคำถามของใบกิจกรรม 2.3 เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า *“พันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตของไอออนบวกกับไอออนลบ ซึ่งไอออนบวกเกิดจากธาตุโลหะ ให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแก่ธาตุอโลหะ ส่วนไอออนลบเกิดจากธาตุอโลหะรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนจากธาตุโลหะ การให้และรับอิเล็กตรอนของธาตุโลหะและอโลหะทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุทั้งสองมีลักษณะเหมือนแก๊สเฉื่อยจึงทำให้มีความเสถียรเพิ่มขึ้น พันธะไอออนิกเขียนแทนด้วยแบบจำลองแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (electrostatic model)”*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ชั่วโมงที่ 2)

<u>ขั้นสร้างแบบจำลอง</u> (Generation phase)

15. นักเรียนดูภาพการทำนาเกลือและภาพผลึกของเกลือจาก PowerPoint เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก เพื่อทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก สารประกอบไอออนิก และสถานะของสารที่สภาวะปกติ โดยครูตั้งคำถามให้นักเรียนพิจารณา ดังนี้

- นักเรียนสังเกตเห็นคืออะไรบ้าง
  (นักเรียนอาจตอบว่าคนกำลังทำนาเกลือและผลึกของเกลือ)
- เกลือในสภาวะปกติมีลักษณะอย่างไร
  (มีสถานะเป็นของแข็ง ผลึกมีสีขาว)
- นักเรียนทราบหรือไม่ว่าเกลือมีชื่อเรียกทางเคมีว่าอย่างไร
  (โซเดียมคลอไรด์)
- เกลือเกิดขึ้นได้อย่างไร
  (นักเรียนอาจตอบว่าเกิดจากการสร้างพันธะไอออนิก ระหว่างอะตอมของธาตุโซเดียมกับคลอรีน)
- เกลือจัดเป็นสารประกอบไอออนิกหรือไม่ เพราะเหตุใด
  (เป็น เนื่องจากโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิก)

16. ครูถามนักเรียนว่า *“ถ้าครูหยิบผลึกของเกลือในภาพที่ 3 ขึ้นมา 1 ชิ้น นักเรียนคิดว่าภายในผลึกนี้โซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออนจะรวมกันอยู่อย่างไร”* นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก จากการทำกิจกรรมในตอนที่ 1 ของใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง โครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ โดยใช้เวลา 5 นาที

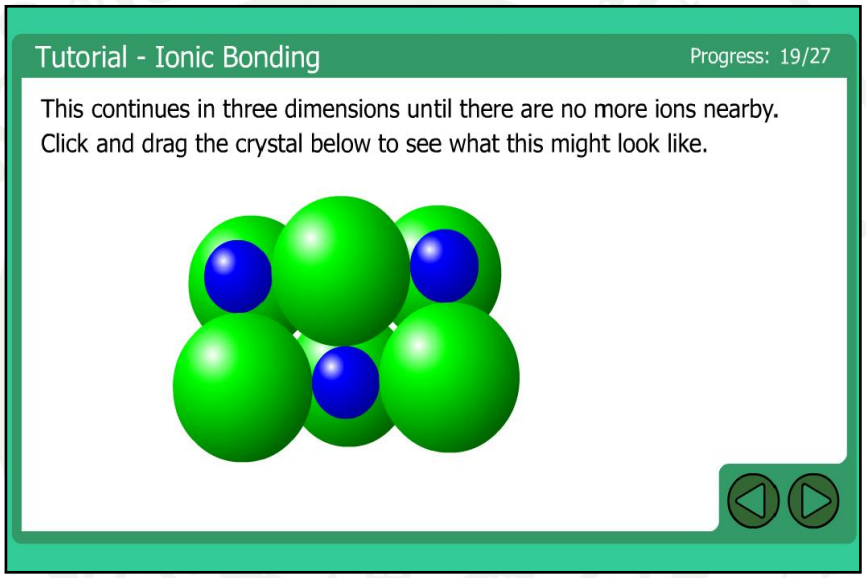
17. ครูสุ่มนักเรียน 3-4 คน ออกมานำเสนอแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์หน้าชั้นเรียน หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนนำเสนอเสร็จครูถามนักเรียนคนอื่น ๆ ว่า *“แบบจำลองของใครมีลักษณะเหมือนกับของเพื่อนคนนี้บ้าง”* เมื่อนำเสนอครบทุกคนครูถามนักเรียนคนอื่น ๆ ว่า *“แบบจำลองของใครมีลักษณะแตกต่างจากนี้บ้าง เป็นอย่างไร”* จากนั้นครูให้นักเรียนที่มีลักษณะของแบบจำลองเหมือนกัน อยู่กลุ่มเดียวกัน (พยายามจัดให้ได้ไม่เกิน 6 กลุ่ม)

18. นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านวิธีการทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง มาจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ หลังจากนักเรียนอ่านเสร็จครูถามนักเรียนว่า *“กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร” “นักเรียนต้องทำอะไรบ้างในกิจกรรมนี้”* เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในการทำกิจกรรม นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำกิจกรรม โดยใช้เวลา 15 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>ขั้นประเมินแบบจำลอง</u> (Evaluation phase)

19. ครูถามนักเรียนว่า *"นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไรว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกที่สร้างขึ้นนั้นถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ"* จากนั้นครูใช้แท่งแม่เหล็กสาธิตแบบจำลองโครงสร้างผลึกตามลักษณะของแบบจำลองที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่า *"ไอออนบวกและไอออนลบ ในผลึกของโซเดียมคลอไรด์จะอยู่ชิดกันและจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยจะเรียงสลับกันไปอย่างต่อเนื่องทั้ง 3 มิติ ไม่มีที่สิ้นสุดทำให้มีรูปร่างที่แน่นอน จำนวนไอออนบวกและไอออนลบในผลึกจะมีอยู่เท่ากัน จึงทำให้สารประกอบที่เกิดขึ้นไม่มีประจุ ส่งผลให้ผลึกของโซเดียมคลอไรด์มีความเสถียร"* โดยใช้ประเด็นคำถามในกิจกรรม 2.5



20. นักเรียนดูแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์จากคลิปวีดีโด เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า *"โครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์มีรูปร่างที่แน่นอนเป็นทรงลูกบาศก์ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับต่อเนื่องกันไปเป็น 3 มิติ โดยไม่มีที่สิ้นสุดทำให้แยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวไม่ได้ โดยที่ไอออนที่มีขนาดเล็กคือ Na^+ แต่ละไอออนจะถูกล้อมรอบด้วย Cl^- 6 ไอออนและไอออนที่มีขนาดใหญ่คือ Cl^- แต่ละไอออนก็จะถูกล้อมรอบด้วย Na^+ 6 ไอออนเช่นกัน จึงทำให้โซเดียมคลอไรด์มีอัตราส่วนอย่างต่ำของ Na^+ กับ Cl^- เป็น 1:1 ดังนั้นสูตรเอมพิริคัลจึงเป็น $NaCl$"* โดยครูใช้คำถามนำดังนี้

- นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง
  (นักเรียนอาจตอบว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งมีการจัดเรียงสลับกันของทรงกลมสีน้ำเงินกับทรงกลมสีเขียว)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ตามความเข้าใจของนักเรียน ทรงกลมสีเขียวใช้แทนสิ่งใด เพราะเหตุใด จึงคิดเช่นนั้น
  (ใช้แทนคลอไรด์ไอออน เนื่องจากคลอไรด์ไอออนมีขนาดใหญ่กว่าโซเดียมไอออน)
- ตามความเข้าใจของนักเรียน ทรงกลมสีน้ำเงินใช้แทนสิ่งใด เพราะเหตุใด จึงคิดเช่นนั้น
  (ใช้แทนโซเดียมไอออน เนื่องจากโซเดียมไอออนมีขนาดเล็กกว่าคลอไรด์ไอออน)
- แบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์มีรูปร่างและรูปทรงเป็นอย่างไร
  (มีรูปร่างที่แน่นอนเป็นทรงลูกบาศก์)
- การจัดเรียงของโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในแบบจำลองโครงสร้างผลึกเป็นอย่างไร
  (โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนจะเรียงสลับต่อเนื่องกัน)
- ถ้าครูนำโครงสร้างผลึกที่มีลักษณะเช่นเดียวกันนี้มาต่อกับผลึกนี้ออกไปทุก ๆ ด้าน นักเรียนคิดว่าการจัดเรียงของโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนจะเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร
  (เหมือนเดิม คือ โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนจะเรียงสลับต่อเนื่องกันไปเป็น 3 มิติ)
- ระยะห่างระหว่างโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออนในแบบจำลองโครงสร้างผลึกเป็นอย่างไร
  (ไอออนทั้งสองชนิดพยายามอยู่ชิดกันมากที่สุด สังเกตได้จากสัมผัสกันของทรงกลมสีเขียวกับสีน้ำเงิน)
- นักเรียนลองนับดูซิว่าโซเดียมไอออน 1 ไอออน มีจำนวนคลอไรด์ไอออนมาล้อมรอบเป็นเท่าใด
  (มีจำนวน 6 ไอออน)
- จำนวนโซเดียมไอออนที่ไปล้อมรอบคลอไรด์ไอออน 1 ไอออนเป็นอย่างไร
  (มีจำนวน 6 ไอออน)
- จำนวนของโซเดียมไอออนต่อคลอไรด์ไอออนในแบบจำลองโครงผลึกเป็นอย่างไร
  (*มีอัตราส่วนอย่างต่ำของ Na^+ กับ Cl^- เป็น 1:1*)
- นักเรียนคิดว่าผลึกของโซเดียมคลอไรด์มีประจุหรือไม่ เพราะเหตุใด
  (ไม่มี เนื่องจากในโครงสร้างผลึกมีจำนวนประจุบวกทั้งหมดเท่ากับประจุลบทั้งหมด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- นักเรียนคิดว่าโซเดียมคลอไรด์ควรเขียนแทนด้วยสูตรเคมีได้อย่างไร
  (NaCl)

21. นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินแบบจำลองโครงสร้างผลึกที่สร้างขึ้นในใบกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง มาประเมินแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ โดยใช้เวลา 10 นาที

22. ครูถามนักเรียนว่า *"นักเรียนคิดว่าโครงสร้างผลึกของสารประกอบคลอไรด์ของธาตุหมู่ IA ชนิดอื่นจะมีลักษณะเหมือนกับโซเดียมคลอไรด์หรือไม่ เพราะเหตุใด" (นักเรียนอาจตอบว่าเหมือนกัน เนื่องจากเป็นสารประกอบคลอไรด์ของธาตุหมู่เดียวกัน)*

23. นักเรียนดูโครงสร้างสารประกอบซีเซียมคลอไรด์จากคลิปวีดีโอ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า *"โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกของธาตุหมู่เดียวกันอาจจะเหมือนกันหรือไม่เหมือนกันก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน แต่มีส่วนที่คล้ายกันคือมีรูปร่างที่แน่นอน และไอออนบวกจะถูกล้อมรอบด้วยไอออนลบ ในขณะเดียวกันไอออนลบก็จะถูกล้อมรอบด้วยไอออนบวกเช่นกัน"* โดยครูใช้คำถามนำ ดังนี้

- นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง
  (นักเรียนอาจตอบว่าแบบจำลองโครงผลึกที่มีทรงกลมสีเขียว 1 ลูก อยู่ตรงกลาง และมีทรงกลมสีส้ม 8 ลูก อยู่ล้อมรอบทรงกลมสีเขียว)
- ตามความเข้าใจของนักเรียนทรงกลมสีเขียวน่าจะใช้แทนสิ่งใด เพราะเหตุใด จึงคิดเช่นนั้น
  (นักเรียนอาจตอบว่าทรงกลมสีเขียวใช้แทนไอออนบวกคือซีเซียมไอออน เนื่องจากมีสีเหมือนกับโซเดียมไอออนในโครงผลึกของโซเดียมคลอไรด์)
- ตามความเข้าใจของนักเรียนทรงกลมสีส้มน่าจะใช้แทนสิ่งใด เพราะเหตุใด จึงคิดเช่นนั้น
  (นักเรียนอาจตอบว่าทรงกลมสีส้มใช้แทนไอออนลบคือคลอไรด์ไอออน เนื่องจากมีสีเหมือนกันและเป็นไอออนชนิดเดียวกันกับในโครงผลึกของโซเดียมคลอไรด์)
- ขนาดของซีเซียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในแบบจำลองโครงผลึกเป็นอย่างไร
  (ซีเซียมไอออนและคลอไรด์ไอออนมีขนาดใกล้เคียงกัน)
- ขนาดของไอออนบวกและไอออนลบในแบบจำลองโครงผลึกของซีเซียมคลอไรด์เป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของไอออนบวกและไอออนลบในแบบจำลองโครงผลึกของโซเดียมคลอไรด์
  (แตกต่างกัน ในแบบจำลองโครงผลึกของซีเซียมคลอไรด์ ไอออนบวกมีขนาดใกล้เคียงกับไอออนลบ ส่วนในแบบจำลองโครงผลึกของโซเดียมคลอไรด์ ไอออนบวกมีขนาดเล็กกว่าไอออนลบ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- นักเรียนลองนับดูซิว่า ซีเซียมไอออน 1 ไอออน มีจำนวนคลอไรด์ไอออนมาล้อมรอบเป็นเท่าใด
  (มีคลอไรด์ไอออนมาล้อมรอบ 8 ไอออน)
- นักเรียนคิดว่าคลอไรด์ไอออน 1 ไอออน จะมีจำนวนซีเซียมไอออนมาล้อมรอบเป็นเท่าใด เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น
  (นักเรียนอาจตอบว่า มีซีเซียมไอออนมาล้อมรอบ 8 ไอออน เนื่องจากในสารประกอบไอออนิก จะมีจำนวนประจุบวกทั้งหมดเท่ากับจำนวนประจุลบทั้งหมด เพื่อทำให้ประจุรวมของสารประกอบเป็นศูนย์)

หมายเหตุ หลังจากนักเรียนตอบเสร็จ ครูคลิกคลิปวีดีโอเพิ่มจำนวน Unit cell อีก 7 Unit cell และให้นักเรียนลองนับดูเพื่อให้มองเห็นภาพจริง ๆ

- นักเรียนลองเปรียบเทียบดูซิว่า จำนวนไอออนบวกที่มาล้อมรอบไอออนลบและจำนวนไอออนลบที่มาล้อมรอบไอออนบวกในผลึกของซีเซียมคลอไรด์เหมือนหรือต่างกันอย่างไรกับในผลึกของโซเดียมคลอไรด์
  (ต่างกัน ในผลึกของซีเซียมคลอไรด์ไอออนทั้งสองที่ล้อมซึ่งกันและกันเป็น 8:8 ในขณะที่ในผลึกของโซเดียมคลอไรด์เป็น 6:6)
- เมื่อเปรียบเทียบกันรูปร่างผลึกของซีเซียมคลอไรด์กับโซเดียมคลอไรด์เป็นอย่างไร
  (เหมือนกัน คือ มีรูปร่างที่แน่นอน)
- โครงสร้างผลึกของซีเซียมคลอไรด์เหมือนกับโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์หรือไม่ อย่างไร
  (ไม่เหมือนกัน จำนวนไอออนบวกและไอออนลบใน Unit cell แตกต่างกัน และไอออนบวกและไอออนลบในผลึกของโซเดียมคลอไรด์จะอยู่ชิดกันมากกว่าในผลึกของซีเซียมคลอไรด์)
- นักเรียนคิดว่าสิ่งใดน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ซีเซียมคลอไรด์กับโซเดียมคลอไรด์มีโครงสร้างผลึกแตกต่างกัน
  (ขนาดของไอออนและสัดส่วนของจำนวนประจุของไอออนทั้งสองชนิด)
- นักเรียนคิดว่าในแบบจำลองโครงสร้างผลึกของสารทั้งสองชนิดมีสิ่งใดบ้างที่เหมือนกัน
  (มีรูปร่างที่แน่นอนเหมือนกัน และมีไอออนบวกที่ถูกล้อมรอบด้วยไอออนลบ และไอออนลบก็จะถูกล้อมรอบด้วยไอออนบวกเหมือนกัน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง</u> (Revise phase)

24. นักเรียนแต่ละคนกลับไปพิจารณาแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ที่สร้างขึ้นในตอนที่ 1 ของใบกิจกรรมที่ 2.4 โดยครูตั้งคำถามให้นักเรียนพิจารณา ดังนี้

- แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนต้องการเพิ่มเติมหรือปรับปรุงแก้ไขคำตอบในประเด็นใดบ้าง เพื่อให้คำตอบสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ศึกษา

25. นักเรียนแต่ละคนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองลงในตอนที่ 2 ของใบกิจกรรมที่ 2.4 จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันและช่วยกันสร้างแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ แล้ววาดภาพแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วลงในตารางที่ 2 ของใบกิจกรรมที่ 2.5 พร้อมทั้งเขียนข้อสรุปของกลุ่มลงในกระดาษปรู๊ฟ เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียนในประเด็นต่อไปนี้ โดยใช้เวลา 10 นาที

- แบบจำลองโครงสร้างผลึกที่กลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นเป็นอย่างไร
- นักเรียนใช้วัสดุใดในการสร้างแบบจำลอง เพราะเหตุใดจึงใช้วัสดุนั้น
- วัสดุแต่ละชนิดที่นักเรียนใช้ในการสร้างแบบจำลองใช้แสดงถึงสิ่งใด
- แบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นอธิบายโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ได้อย่างไร
- ขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นเป็นอย่างไร

26. นักเรียนที่เป็นตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อสรุปของกลุ่มใน 5 ประเด็นหลักตามข้อ 25 พร้อมทั้งแสดงผลงานแบบจำลองโครงสร้างผลึกโซเดียมคลอไรด์ของกลุ่มประกอบการนำเสนอ

27. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้ประเด็นในข้อ 25 เพื่อให้ได้ข้อสรุปแบบจำลองมติของชั้นเรียน*ว่า “สารประกอบไอออนิกจัดเรียงตัวเป็นโครงผลึกที่มีรูปร่างแน่นอนประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบเรียงต่อเนื่องสลับกันไปทั้ง 3 มิติ โครงสร้างของผลึกจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน”*

<u>ขั้นขยายแบบจำลอง</u> (Elaboration phase)

28. นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 2.7 เรื่อง โครงสร้างผลึกของแคลเซียมฟลูออไรด์เป็นอย่างไร โดยใช้เวลา 10 นาที จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบของกิจกรรม

29. นักเรียนประเมินการทำงานของตนเองและการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม ลงในแบบประเมินผลการทำงานกลุ่ม

30. นักเรียนรับแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และใบบันทึกการเรียนรู้ของฉันไปทำเป็นการบ้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวัดและประเมินผล

1. ครูประเมิน

1.1 ประเมินพฤติกรรมทั่วไปขณะที่ทำกิจกรรม โดยสังเกตจากการความสนใจใฝ่รู้ใฝ่เรียน ความรับผิดชอบในการทำกิจกรรม ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1.2 ประเมินทักษะโดยการสังเกตจากการนำเสนอผลงานและการสร้างแบบจำลอง

1.3 ประเมินความรู้จากการตอบคำถาม การบันทึกผลใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง 20 ธาตุนี้มีสมบัติอย่างไร ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง อะตอมของโซเดียมและคลอรีนรวมตัวกันอย่างไร ใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง โครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ ใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง มาจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ ใบกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง มาประเมินแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ ใบกิจกรรมที่ 2.7 เรื่อง โครงสร้างผลึกของแคลเซียมฟลูออไรด์เป็นอย่างไร แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ใบบันทึกการเรียนรู้ของฉัน

2. นักเรียนประเมิน

2.1 นักเรียนประเมินเพื่อนและตนเองจากแบบประเมินผลการทำงานกลุ่ม

2.2 นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองจากใบบันทึกการเรียนรู้ของฉัน

วัสดุ อุปกรณ์ สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. บัตรคำสัญลักษณ์ของธาตุ 20 ธาตุแรก
2. คลิปวีดีโอการเกิดพันธะของธาตุโซเดียมกับคลอรีน
3. PowerPoint เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก
4. คลิปวีดีโอโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์
5. คลิปวีดีโอโครงสร้างผลึกของซีเซียมคลอไรด์
6. ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง 20 ธาตุนี้มีสมบัติอย่างไร
7. ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง อะตอมของโซเดียมและคลอรีนรวมตัวกันอย่างไร
8. ใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก
9. ใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง โครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์
10. ใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง มาจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ
11. ใบกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง มาประเมินแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ
12. ใบกิจกรรมที่ 2.7 เรื่อง โครงสร้างผลึกของแคลเซียมฟลูออไรด์เป็นอย่างไร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13. แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก
14. แท่งแม่เหล็กขนาดเล็ก จำนวน 20 อัน
15. โฟมที่มีลักษณะเป็นทรงกลมสีขาวขนาดกลาง จำนวน 20 ลูก/กลุ่ม
16. โฟมที่มีลักษณะเป็นทรงกลมสีแดงขนาดเล็ก จำนวน 20 ลูก/กลุ่ม
17. ดินน้ำมัน/มะนาว
18. ไม้จิ้มฟัน จำนวน 1 กล่อง/กลุ่ม
19. กระดาษปรู๊ฟ จำนวน 1 แผ่น/กลุ่ม
20. ปากกาเมจิ จำนวน 1 กล่อง/กลุ่ม

การเตรียมล่วงหน้าของครู

1. เตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องฉายโปรเจกเตอร์
2. เตรียมคลิปวีดีโอการเกิดพันธะของธาตุโซเดียมกับคลอรีน
3. คลิปวีดีโอโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์
4. คลิปวีดีโอโครงสร้างผลึกของซีเซียมคลอไรด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง 20 ธาตุนี้มีสมบัติอย่างไร

กลุ่มที่.....

สมาชิก 1. ..... 2. ..... 3. .....
4. ..... 5. ..... 6. .....

คำชี้แจง ให้นักเรียนช่วยกันเรียงบัตรคำสัญลักษณ์ของธาตุที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนจัดเรียงธาตุโลหะได้อย่างไร

.....

.....

2. นักเรียนจัดเรียงธาตุอโลหะได้อย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนจัดเรียงค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุโลหะจากน้อยไปมากได้อย่างไร

.....

.....

4. นักเรียนจัดเรียงค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุอโลหะจากน้อยไปมากได้อย่างไร

.....

.....

.....

5. นักเรียนจัดเรียงค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุโลหะและอโลหะจากน้อยไปมากได้อย่างไร

.....

.....

.....

6. เพราะเหตุใดจึงจัดเรียงได้เช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. พลังงานไอออไนเซชันคืออะไร

.....

.....

.....

8. ธาตุโลหะมีแนวโน้มของการให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

.....

.....

9. ธาตุอโลหะมีแนวโน้มของการให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

.....

.....

10. ธาตุโลหะมีแนวโน้มของการรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

.....

.....

11. ธาตุอโลหะมีแนวโน้มของการรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

.....

.....

12. พลังงานไอออไนเซชันมีความสัมพันธ์กับการให้และรับอิเล็กตรอนอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$_{1}H$	$_{2}He$	$_{3}Li$	$_{4}Be$
$_{5}B$	$_{6}C$	$_{7}N$	$_{8}O$
$_{9}F$	$_{10}Ne$	$_{11}Na$	$_{12}Mg$
$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$
$_{17}Cl$	$_{18}Ar$	$_{19}K$	$_{20}Ca$

บัตรคำสัญลักษณ์ของธาตุ 20 ธาตุแรก

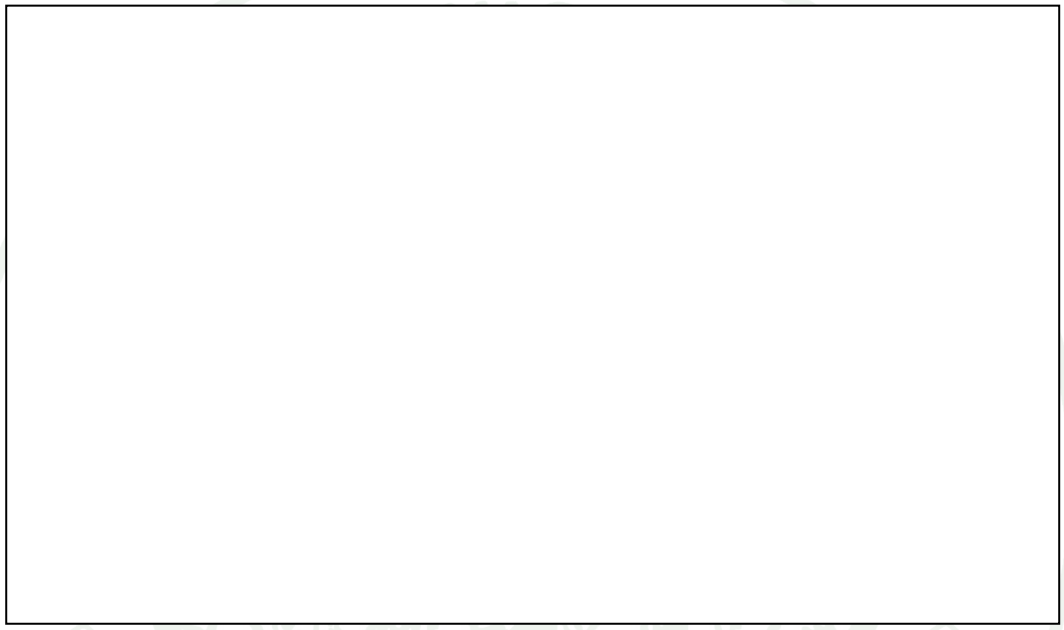
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง อะตอมของโซเดียมและคลอรีนรวมตัวกันอย่างไร

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการรวมตัวกันระหว่างอะตอมโซเดียมกับคลอรีน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ ตามความเข้าใจของนักเรียน

<u>ตอนที่ 1</u>



ภาพแสดงการรวมตัวกันระหว่างอะตอมโซเดียมกับคลอรีน

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 2

ภาพแสดงการรวมตัวกันระหว่างอะตอมโซเดียมกับคลอรีน

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิกรรมที่ 2.3 เรื่อง การเกิดพันธะไออนิก

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองการเกิดพันธะของธาตุที่กำหนดให้ต่อไปนี้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ แล้วตอบคำถามข้างล่าง

1. เมื่อนำอะตอมของโพแทสเซียม ($_{19}K$) มารวมกับอะตอมของฟลูออรีน ($_{9}F$)

คำอธิบาย.....
.....
.....

2. เมื่อนำอะตอมของแมกนีเซียม ($_{12}Mg$) มารวมกับอะตอมของคลอรีน ($_{17}Cl$))

คำอธิบาย.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. สารประกอบไอออนิกที่เกิดขึ้นในแต่ละข้อเป็นการสร้างพันธะกันของธาตุกลุ่มใด

.....

.....

.....

4. ไอออนบวกและไอออนลบของธาตุที่เกิดขึ้นในแต่ละข้อ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเหมือนกับแก๊สเฉื่อยชนิดใดบ้าง

.....

.....

.....

5. แบบจำลองมติของชั้นเรียนสามารถอธิบายการเกิดพันธะระหว่างสารแต่ละชนิดได้ทุกข้อหรือไม่ มีขอบเขตและข้อจำกัดอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PowerPoint เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

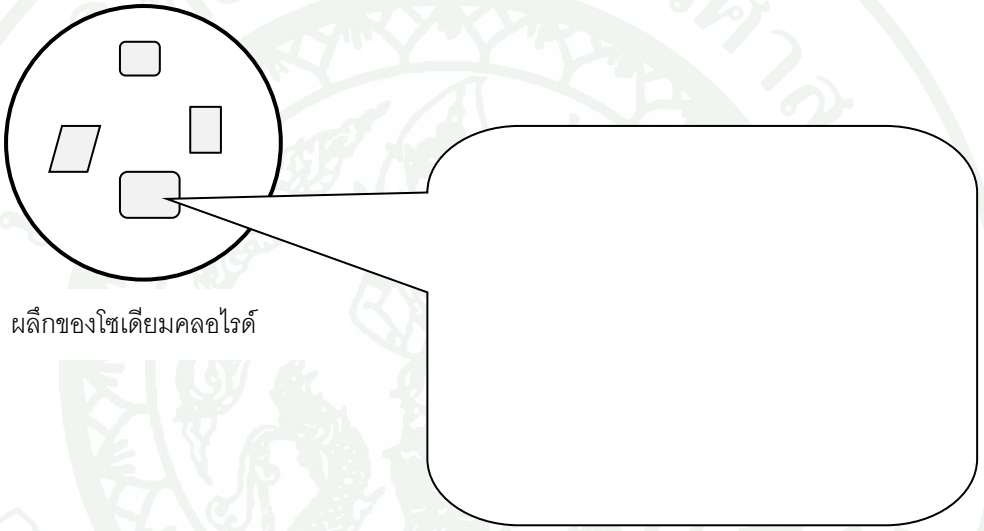
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง โครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนวาดภาพการรวมกันของโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออนในที่อยู่ภายในผลึกของโซเดียมคลอไรด์ 1 ชิ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ ตามความเข้าใจของนักเรียน

<u>ตอนที่ 1</u>



ผลึกของโซเดียมคลอไรด์

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

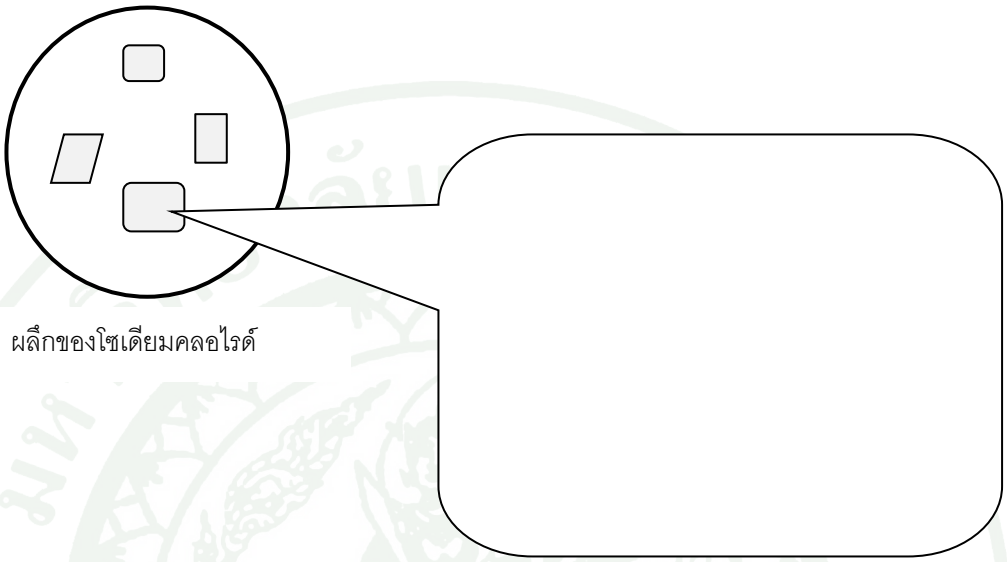
.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

ตอนที่ 2



ผลึกของโซเดียมคลอไรด์

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง มาจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ

กลุ่มที่ .....

<u>สมาชิก</u> 1. ..... 2. ..... 3. .....

4. ..... 5. ..... 6. .....

วัสดุอุปกรณ์

1. โฟมที่มีลักษณะเป็นทรงกลมสีขาวขนาดกลาง จำนวน 20 ลูก/กลุ่ม
2. โฟมที่มีลักษณะเป็นทรงกลมสีแดงขนาดเล็ก จำนวน 20 ลูก/กลุ่ม
3. ดินน้ำมัน/มะนาว
4. ไม้จิ้มฟัน จำนวน 1 กล่อง/กลุ่ม

วิธีการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนเลือกวัสดุที่กำหนดให้ใช้ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ โดยให้นักเรียนบอกเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุแล้วตอบคำถามลงในตารางที่ 1

2. นักเรียนสร้างแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ตามที่กลุ่มของนักเรียนได้ออกแบบและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

3. นักเรียนวาดภาพแบบจำลองที่สร้างขึ้นลงในตารางที่ 2 คอลัมน์แบบจำลองครั้งแรก พร้อมทั้งอธิบายถึงลักษณะ ตลอดจนขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ตารางที่ 1 บันทึกการเลือกใช้วัสดุ

วัสดุที่เลือกใช้	ใช้แสดงถึง	เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุ
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ภาพวาดของแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์

แบบจำลองครั้งแรก	แบบจำลองหลังจากปรับปรุงแก้ไข
ภาพ	*ภาพ*
คำอธิบาย	คำอธิบาย ....

1. แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมีรูปร่างและรูปทรงเป็นอย่างไร

   .....
   .....
   .....
   .....

2. ระยะห่างระหว่างไอออนทั้ง 2 ชนิด ในแบบจำลองโครงสร้างของผลึกเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

   .....
   .....
   .....
   .....

3. นักเรียนคิดว่าแบบจำลองโครงสร้างผลึกที่นักเรียนสร้างขึ้นมีความเสถียรหรือไม่ เพราะเหตุใด

   .....
   .....
   .....
   .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง มาประเมินจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์กันเถอะ

กลุ่มที่ .....

<u>สมาชิก</u> 1. ..... 2. ..... 3. .....
4. ..... 5. ..... 6. .....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์ที่สร้างขึ้นโดยเลือก (✓) ลงในตารางข้างล่างต่อไปนี้

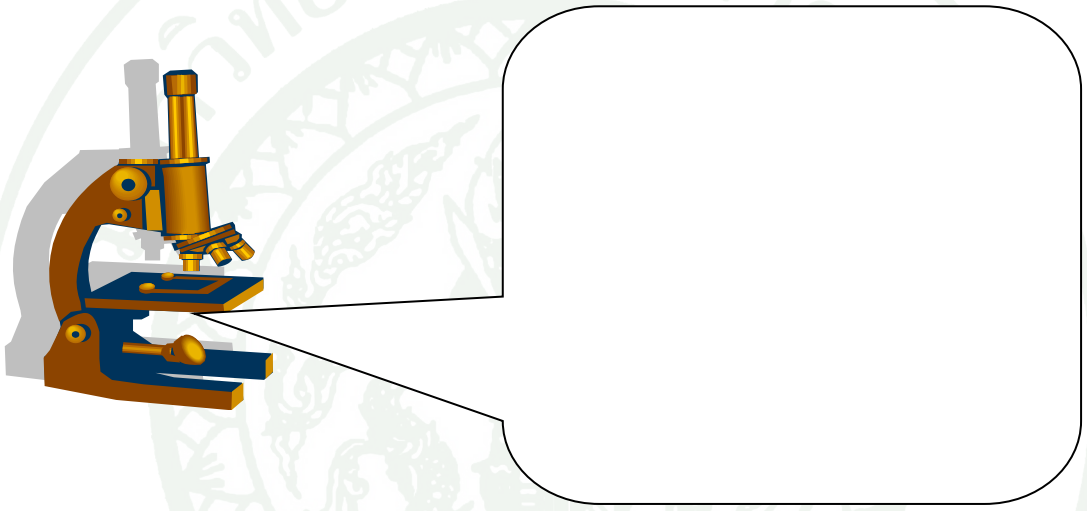
เกณฑ์ในการประเมิน	**แบบจำลองของนักเรียน**		**เหตุผล**
	สอดคล้อง	**ไม่สอดคล้อง**	
1. รูปร่างและรูปทรงของผลึก			
2. ระยะห่างระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ			
3. จำนวนของไอออนบวกและไอออนลบ			
4. การจัดเรียงของไอออนบวกกับไอออนลบ			
5. ขนาดของไอออนบวกและไอออนลบ			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 2.7 เรื่อง แบบจำลองโครงสร้างผลึกของแคลเซียมฟลูออไรด์เป็นอย่างไร

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

จูเลียเป็นนักเคมีของสถาบันวิจัยแห่งหนึ่งที่มีชื่อเสียง เขาได้นำผลึกของแคลเซียมฟลูออไรด์มาส่องด้วยกล้องที่มีคุณภาพสูงจนสามารถมองเห็นอนุภาคขนาดเล็ก นักเรียนคิดว่าภาพแบบจำลองโครงสร้างผลึกในที่เขามองเห็นในสองมิติจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงมองเห็นภาพเป็นเช่นนั้น



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

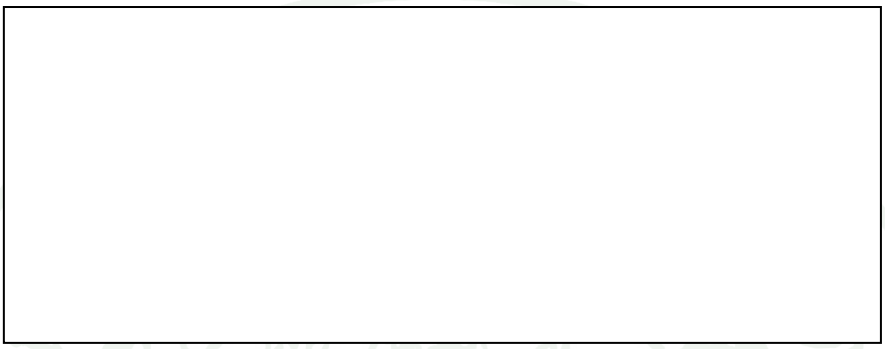
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

1. จงวาดภาพแบบจำลองการเกิดพันธะของธาตุ $_{3}Li$ กับ $_{8}O$ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

2. จงวาดภาพแบบจำลองการเกิดพันธะของธาตุ $_{20}Ca$ กับ $_{8}O$ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

คำอธิบาย

.....

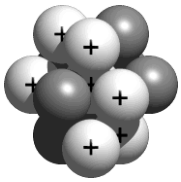
.....

.....

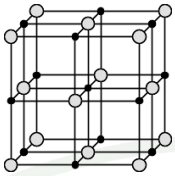
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

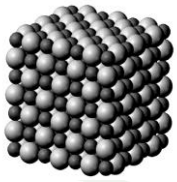
3. ถ้านักเรียนต้องการอธิบายลักษณะโครงสร้างผลึกโซเดียมคลอไรด์ให้เพื่อนห้องอื่นฟัง นักเรียนจะเลือกใช้แบบจำลองใดต่อไปนี้ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ



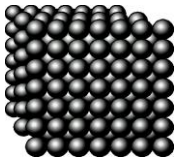
ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่เลือกคือ ..... คำอธิบาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบประเมินผลการทำงานกลุ่ม

<u>รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม</u> ให้นักเรียนวงล้อมรอบหมายเลขหน้าชื่อผู้ประเมิน

1. ..... 2. .....

3. ..... 4. .....

5. ..... 6. .....

การประเมินครั้งที่ .....วัน/เดือน/ปี .....

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดีมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

ตารางประเมินผลการทำงานกลุ่ม

พฤติกรรม	ระดับคะแนนของสมาชิกแต่ละคน						
	1	2	3	4	5	6	7
1. ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย							
2. การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม							
3. การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น							
4. การให้ความร่วมมือกับเพื่อนในการทำงาน							
5. ความตั้งใจและกระตือรือร้นในการทำงานกลุ่ม							

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบบันทึกการเรียนรู้ของฉัน

ชื่อ-สกุล ..... **เลขที่** ..... **ชั้น** .....
วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

1. ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับเรื่องนี้

   .....
   .....
   .....
   .....

2. ฉันได้ทำอะไรบ้างเพื่อหาคำตอบในสิ่งที่ได้เรียนรู้

   .....
   .....
   .....
   .....

3. สิ่งที่ช่วยให้ฉันเรียนรู้และเข้าใจเรื่องนี้ได้เร็วขึ้นคืออะไร

   .....
   .....
   .....
   .....

4. สิ่งที่ฉันไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยในเรื่องนี้/สิ่งที่ต้องการรู้เพิ่มเติม

   .....
   .....
   .....
   .....

5. ความรู้สึกหรือข้อเสนอแนะของฉันในการเรียนเรื่องนี้

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายณัชธฤต เกื้อทาน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 18 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดอุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ตำแหน่งปัจจุบัน	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนปทุมราชวงศา ตำบลนาหว้า อำเภอปทุมราชวงศา จังหวัดอำนาจเจริญ รหัสไปรษณีย์ 37110
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	รางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ระดับดี แบบบรรยาย ระดับปริญญาโท กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ในการประชุม ทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนการศึกษาต่อระดับปริญญาโทในประเทศ สำหรับข้าราชการครูทุนโครงการส่งเสริมการผลิต ครูที่มีความสามารถพิเศษ ทางวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (สควค.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์