ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา | การศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Development of Grade-11 Students' Mental Model in Acid-Base through Model-Based Learning Activities

นามผู้วิจัย นางสาวฮามีด๊ะ มูสอ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์เอกรัตน์ ศรีตัญญู, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พจนารถ สุวรรณรุจิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Development of Grade-11 Students' Mental Model in Acid-Base through Model-Based Learning Activities

โดย

นางสาวฮามีด๊ะ มูสอ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฮามีด๊ะ มูสอ 2555: การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์เอกรัตน์ ศรีตัญญู, ปร.ด. 209 หน้า

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน จากโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ที่ผ่านการเรียนเนื้อหากรด-เบสแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส ในระยะที่ 2 เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 1 ห้องเรียน ใช้การเลือกแบบจำเพาะเจาะจง เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน บันทึกหลังการสอน และการสังเกตการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบส การไทเทรตกรด-เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ สำหรับแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและแนวคิดเรื่องการไทเทรตกรด-เบส ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นการจัดกิจกรรม 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ใช้คำถามปลายเปิดที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับความคิดเดิม และมีการสาธิตการทดลองหรือการสร้างสถานการณ์แล้วให้วาดภาพ ขั้นแสดงออกแบบจำลอง ควรให้อิสระในการนำเสนอแบบจำลองด้วยการวาดภาพ การใช้ลักษณะท่าทาง การใช้คำพูด และเน้นการใช้สิ่งของ ขั้นทดสอบแบบจำลอง เน้นการทดลองที่เป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ขั้นประเมินแบบจำลอง เน้นการใช้คำถามเพื่อให้ร่วมกันอภิปราย มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับสัญลักษณ์และระดับจุลภาค และเน้นให้มีการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลอง ขั้นขยายแบบจำลอง นำแบบจำลองที่ปรับปรุงมาใช้อธิบายโจทย์ใหม่ๆ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังพบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน ในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hamidah Musa 2012: Development of Grade-11 Students' Mental Model in Acid-Base through Model-Based Learning Activities. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Mrs. Akarat Sreethunyoo, Ph.D. 209 pages.

The research aimed to explore students' mental model in acid-base through model-based learning activities and guideline of teaching acid-base through model-based learning activities. The research was divided into two phases. In the first phase, a survey research method was used to investigate students' mental model in acid-base. The subjects were 40 grade-12 students, selected by purposive sampling, from a school in Pattani province under Office of the Higher Education Commission (OHEC). The research was conducted during the first semester of 2010 academic year. Data were gathered by using an acid-base mental model test. In the second phase, students' mental model in acid-base and guideline of teaching acid-base through model-based learning activities were investigated. The subjects were 37 grade-11 students in the first semester of 2011 academic year, selected by purposive sampling, from a school in Pattani province under Office of the Higher Education Commission (OHEC). Data were collected by using an Acid-base Mental Model Test, student journal writing, teachers' logs, classroom observations. Data were analyzed by content analysis.

The results in the first phase indicated that the majority of students held partial consistent and inconsistent mental model in the concept of acid–base theories, followed by acid–base titration and properties of acid and base, respectively. For the concepts that most students' mental models were not consistent with scientific models were electrolyte solution, followed by indicator for acid and base. However, the concepts of acid–base theories and acid–base titration were found that no students had consistent mental model with scientific models. The findings in the second phase revealed that learning process through model-based learning activities consist of 5 steps are step of mental model production, emphasize on employing open-ended questions and have demonstration or situation to produce model, step of model expression, encourage student to express ideas by drawing, acting, wording, and using materials, step of testing model, emphasize experiments that encourage student to do hands-on activities, engaging student-student interaction, step of evaluation, emphasize on asking students questions led to discussion, use various learning medias to integrate across three level chemistry content in macroscopic, microscopic and symbolic level and emphasize reviewing the basic concept about acid-base concept that could promote students' mental model of acid-base, and step of elaboration, use developed model to explain new problem or daily situation. Moreover, after participating with activities most of students, about 46.0%, held partial consistent in all concepts except acid-base theories and buffer solution which most of students held only partial consistent and inconsistent mental model.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. เอกรัตน์ ศรีตัญญู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. พจนารถ สุวรรณรุจิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้แนวคิด ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจและตรวจแก้ไขให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ และผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้แนวคิด ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและดูแลด้านการศึกษา ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างแหล่งข้อมูลวิจัยในจังหวัดปัตตานีที่กรุณาให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในโรงเรียน ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาเคมีทั้ง 2 ท่านที่คอยให้คำชี้แนะ และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 ที่ใช้เป็นกลุ่มที่ศึกษา ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มอบงบประมาณสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี หน่วยงานต้นสังกัดของผู้วิจัยที่มอบทุนสนับสนุนการศึกษาและการทำวิจัยตลอดหลักสูตร

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษา และขอขอบพระคุณและขอพรจากอัลลอฮฺ (ซ.บ.) ทรงตอบแทนความดีในความรัก ความเมตตาของคุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย น้องสาว และพี่กนกวรรณ ยีหวังเจริญ ที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่ และกำลังใจเสมอมาตลอดจนผู้ที่เป็นกำลังใจในการทำวิจัยทุกท่านที่ไม่อาจกล่าวถึงได้ครบถ้วน จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ฮามีด๊ะ มูสอ

มีนาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (4)

บทที่ 1 บทนำ 1
- ความสำคัญของปัญหา 1
- คำถามการวิจัย 6
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
- ขอบเขตของการวิจัย 6
- นิยามศัพท์เฉพาะ 8
- ประโยชน์ที่ได้รับ 8

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 9
- การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 10
- แบบจำลอง 16
- แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดเรื่องกรด-เบส 19
- การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 24

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 35
- รูปแบบการวิจัย 35
- การออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 37
- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 48
- การเก็บรวบรวมข้อมูล 53
- การวิเคราะห์ข้อมูล 57
- ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 61

บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์ 62
- ผลการวิจัยระยะที่ 1 62
- ผลการวิจัยระยะที่ 2 69
- ข้อวิจารณ์ 146

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 151

สรุปผลการวิจัยระยะที่ 1 151

สรุปผลการวิจัยระยะที่ 2 153

ข้อเสนอแนะ 159

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 162

ภาคผนวก 171

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 172

ภาคผนวก ข แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส 174

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 190

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 209

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แบบจำลองในการอธิบายเนื้อหาเคมี เรื่องกรด-เบส	30
2	กิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องกรด-เบส	42
3	รายละเอียดแนวคิดเรื่องกรด-เบส	49
4	การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส	53
5	การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	56
6	การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส เมื่อใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	57
7	เกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส	58
8	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	61
9	จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสในกลุ่มต่างๆ	63
10	ข้อมูลของนักเรียนที่เรียนวิชาเคมี ว 32223 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554	70
11	จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสในกลุ่มต่างๆ	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการปรับสภาวะการรับรู้ให้อยู่ในสภาวะสมดุล	14
2	กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	25
3	กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง	26
4	ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	27
5	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน	36
6	วงจรการดำเนินการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	55
7	ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด	67
8	แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการไทเทรต NaOH และ HCl ที่ระยะต่างๆ	68
9	แผนผังแสดงห้องเรียนและห้องปฏิบัติการเคมี ห้อง 49105	71
10	แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์จากการสาธิตการทดลองเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส	73
11	คำตอบของนักเรียนแสดงปรากฏการณ์จากการสาธิตการทดลองเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส	74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ภาพวาดสัญลักษณ์ของนักเรียนแสดงปรากฏการณ์แต่ละระยะของการไทเทรตสารละลายกรด-เบส	76
13	ภาพวาดของนักเรียนแสดงแบบจำลองการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์	78
14	แบบจำลองทางความคิดระดับอนุภาคของนักเรียนแสดงสารละลายที่ให้ระดับความสว่างของหลอดไฟแตกต่างกัน	84
15	คลิปวีดิโอการแตกตัวของกรดและเบส เรื่อง “Aqueous Acids in Action” และ “Aqueous Bases in Action”	87
16	คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรดและคู่เบสในใบกิจกรรมเรื่อง คู่กรด-เบสของสาร	89
17	คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรด-เบสในปฏิกิริยาโดยใช้ลูกศรโยงความสัมพันธ์	90
18	คำตอบของนักเรียนแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหลังทำปฏิกิริยาของสารละลายกรดและเบสกับน้ำ	91
19	ภาพแบบจำลองแสดงสารที่เมื่อนำมาละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้	99
20	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ก่อนเรียนและหลังเรียน	99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	การแตกตัวของสารให้ไอออนบวกและไอออนลบโดยไม่มีการแตกตัวของโมเลกุล H_2O	100
22	การแยกออกจากกันของโมเลกุลสารเป็นอะตอม 2 ชนิดและมีโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบอะตอม	101
23	ภาพวาดของนักเรียนแสดงแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของน้ำมะนาวและน้ำเงาะ	102
24	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสมบัติของสารละลายกรดและเบสก่อนเรียนและหลังเรียน	104
25	ตัวอย่างการจัดกลุ่มภาพที่มีสมบัติเป็นกรดและเบสของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	105
26	ตัวอย่างการจัดกลุ่มภาพแสดงสารที่มีสมบัติเป็นกรดไม่ครบถ้วนและแสดงภาพที่มีสมบัติเป็นเบสไม่ถูกต้อง	106
27	ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับการแตกตัวของสารละลายกรด-เบส	107
28	ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส	110
29	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
30	การจำแนกกลุ่มสารตัวอย่างที่มีสมบัติเป็นกรด กลางและเบส	113
31	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดลองเรื่องปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน	114
32	การละลายน้ำของซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ในน้ำ	115
33	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับคู่กรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน	116
34	คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรดและคู่เบสในใบกิจกรรมเรื่อง คู่กรด-เบสของสาร	118
35	คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรด-เบสในปฏิกิริยาโดยใช้ลูกศรโยงความสัมพันธ์	119
36	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิก (HCOOH) กับน้ำที่ถูกต้อง	120
37	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กับน้ำที่ถูกต้อง	120
38	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กับน้ำที่ถูกต้อง	121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
39	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการแตกตัวของกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน	122
40	คำตอบของนักเรียนแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดและเบส	123
41	คำตอบของนักเรียนแสดงปรากฏการณ์จากการสาธิตการทดลองเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส	125
42	คลิปวีดิโอการแตกตัวของกรดและเบส เรื่อง “Aqueous Acids in Action” และ “Aqueous Bases in Action”	126
43	ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด	127
44	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน	128
45	ภาพแสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีปริมาณของ Hln และ H_2O มากกว่าปริมาณของ H_3O^+และ In^- โดยเป็นภาพที่แสดงอยู่ในช่วงของ อินดิเคเตอร์ที่มีสีแดง	129
46	ภาพแสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และแสดงอัตราส่วนปริมาณ Hln ต่อปริมาณ In^- ได้ถูกต้อง โดยเป็นภาพที่แสดงในช่วงของอินดิเคเตอร์สีเหลือง	129

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
47	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน	131
48	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาของกรดและเบสก่อนเรียนและหลังเรียน	132
49	คำตอบของนักเรียนแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน	133
50	แบบจำลองของการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้เกลือที่ละลายน้ำ	134
51	แบบจำลองของการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้เกลือที่ไม่ละลายน้ำ	134
52	แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะจุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต	135
53	แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะก่อนถึงจุดยุติ	136
54	แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะจุดยุติ	137
55	แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะหลังจุดยุติ	137
56	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการไทเทรตกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน	138

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	แบบจำลองของนักเรียนแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะต่างๆ ของการไทเทรต	139
58	ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์	141
59	ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ก่อนเรียนและหลังเรียน	142
60	คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์	143

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายหนึ่งที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ ให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) โดยเชื่อว่าผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างแนวคิดได้ด้วยตนเองจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความเข้าใจที่มีอยู่เดิมตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544) ซึ่งแนวคิดที่สร้างขึ้นอาจจะเป็นแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ ถูกต้องบางส่วน หรือมีความคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ก็ได้ สำหรับวิชาเคมีเป็นวิชาที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม เนื่องจากเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งไม่สามารถมองเห็นจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี นักเคมีมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารใน 3 ระดับ (Johnstone, 2000) ด้วยกัน กล่าวคือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายกรดและเบส ระดับจุลภาค (Microscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากจะกล่าวถึงอิเล็กตรอน อะตอม และโมเลกุล เช่น การอธิบายความเป็นกรด-เบสของสารตามทฤษฎีอาร์เรเนียสที่ว่า กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ส่วนเบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) เป็นสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางเคมีเพื่อเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคกับระดับจุลภาคซึ่งมีอยู่หลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น การเขียนสูตรโมเลกุลของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือการเขียนสูตรลิวอิส เพื่ออธิบายการให้และรับอิเล็กตรอนตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าเคมีเป็นสาขาวิชาที่ต้องอธิบายและทำความเข้าใจในหลายระดับ ฉะนั้นเพื่อสื่อความหมายของปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น นักเคมีจึงมักจะใช้และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์ และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Justi and Gilbert, 2002) โดยนักเคมีจะใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิดหรือโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ภายในสมองของตนซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะตัวหรือที่เรียกว่า แบบจำลองทางความคิด (Mental models) นั่นเอง (Norman, 1983; Greca and Moreira, 2000) แบบจำลองทางความคิดที่นักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจะแสดงออกมาภายนอกให้บุคคลอื่นรับรู้ได้ในหลายรูปแบบ เช่น วัตถุหรือสิ่งของที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ ภาพวาด หรือลักษณะท่าทาง ซึ่งเราเรียกสิ่งเหล่านี้ว่าแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed models) (Gilbert, 2005) ถ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หากแบบจำลองทางความคิดที่นักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์แสดงออกมานี้ได้ผ่านการทดลองหรือตรวจสอบจนเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน จะทำให้แบบจำลองทางความคิดนี้พัฒนาไปเป็นแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific models) ซึ่งเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือระบบความคิดที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และสมบูรณ์ (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000)

การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีมีเป้าหมายหนึ่งที่สำคัญ คือ มุ่งให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งให้เข้าใจแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2546) อันเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Coll, France and Taylor, 2005) ดังนั้น การเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความเข้าใจของนักเรียนในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารเชื่อมโยงกันในทั้ง 3 ระดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับจุลภาคซึ่งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาและพยายามที่จะใช้แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นมานี้ เพื่อที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนพบในระหว่างที่เรียน ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน (Chittleborough *et al*., 2004) หรือสื่ออื่นๆ เช่น โทรทัศน์และวิทยุ (Chiu and Lin, 2007) เป็นต้น ซึ่งจากงานวิจัยของ Chiu and Lin (2007) พบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนนั้นได้พัฒนามาจากการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวของนักเรียน ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ของครู ความรู้เดิมของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และสื่อต่างๆ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม Hinton and Nakhleh (1999) รายงานว่า การอธิบายเพื่อเชื่อมโยงในทั้ง 3 ระดับเข้าด้วยกันและการเปลี่ยนจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งนั้นเป็นสิ่งที่ยากสำหรับนักเรียน นอกจากนั้น ยังมีรายงานการวิจัยจำนวนมากที่บ่งชี้ว่านักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง เช่น นักเรียนเข้าใจว่าโครงสร้างอะตอมมีลักษณะเช่นเดียวกับแบบจำลองลูกพลาสติก (Ball-and-stick models) (Harrison and Treagust, 1996) และมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนพยายามใช้กฎออกเตต อธิบายการเกิดพันธะในอะลูมิเนียม (Coll and Treagust, 2003) ดังนั้น นักการศึกษาจึงให้ความสนใจที่จะตรวจสอบหาสาเหตุว่าทำไมการทำความเข้าใจเนื้อหาเคมีจึงยากต่อนักเรียน (Pedrosa and Dias, 2000) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยจำนวนมาก พบว่า ผู้เรียนมักจะมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์หลายๆ เรื่อง เช่น การสร้างพันธะ (Nicoll, 2001) สมดุลเคมี (ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2553) ไฟฟ้าเคมี (Ozkaya, 2002) สารในชีวิตประจำวัน (เวียงชัย แสงทอง, 2553) และเนื้อหาเรื่องกรด-เบส ตั้งแต่เนื้อหาที่เป็นแนวคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พื้นฐาน เช่น สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทฤษฎีกรด-เบสต่างๆ เป็นต้น (จิตตมาส สุขแสวง, 2549; Goknan *et al*., 2005)

กรด-เบสเป็นเนื้อหาหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในวิชาเคมี และได้บรรจุเนื้อหาเคมีไว้เป็นหนึ่งในสาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ เนื้อหาเรื่องกรด-เบสยังเป็นแนวคิดที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน (Chiu and Lin, 2007) และเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาอื่นๆ ในวิชาเคมี เช่น เรื่องสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลาย สมดุลเคมี เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยพบว่าแนวคิดเรื่องกรด-เบส เป็นแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและจัดอยู่ในระดับจุลภาคซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้และถูกตีความหมายออกมาเป็นเนื้อหาในระดับสัญลักษณ์ (symbolic) ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้นไป เช่น แนวคิดเกี่ยวกับการแตกตัวของกรด-เบส การทำปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ เป็นต้น และนักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (จิตตมาส สุขแสวง, 2549; Zoller, 1990; Chiu and Lin, 2007) ยกตัวอย่างเช่น Chiu and Lin (2007) พบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนส่วนใหญ่ในเรื่องกรด-เบส เป็นแบบจำลองทางความคิดที่เกี่ยวกับลักษณะภายนอกของกรดหรือเบส เช่น ความเป็นพิษ การกัดกร่อน หรือรสชาติ ซึ่งนักเรียนจะใช้เกณฑ์เหล่านี้ในการตัดสินว่าสารละลายเป็นกรดหรือเบส แต่ก็ยังไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (Khan, 2007)

จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยในวิชาเคมี เรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ส่วนใหญ่นักเรียนจะมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์และบางเนื้อหามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างเช่น นักเรียนมักจะเข้าใจว่ากรดที่มีจำนวนไฮโดรเจนอะตอมในโมเลกุลมากกว่า จะมีความแรงของกรดสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kousathana (2005) อีกทั้งยังพบอีกว่า นักเรียนเข้าใจว่ากรดแก่มีค่า pH สูงกว่ากรดอ่อน และการสะเทิน (Neutralization) เป็นผลที่เกิดในสารละลายที่เป็นกลางเท่านั้น นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การที่เกลือไม่มีหมู่ไฮโดรเจนหรือไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล สารละลายของเกลือจึงไม่สามารถแสดงความเป็นกรด-เบสได้ สำหรับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในเนื้อหาเรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ คือ นักเรียนเข้าใจว่าสารละลายบัฟเฟอร์อาจจะประกอบด้วยสารละลายกรดแก่กับเกลือของกรดนั้น ส่งผลให้การคำนวณหาค่า pH และหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายเกิดความผิดพลาด เป็นต้น นอกจากนี้ Hwang (2004) ยังพบว่า สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยร้อยละ 44 ของนักเรียนมีความคิดว่า ฟองสบู่เป็นกลาง เนื่องจากไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังและเสื้อผ้า ในขณะที่อีกร้อยละ 56 คิดว่า โซเดียมไบคาร์บอเนตและกรดแอซิติกเป็นกลางเพราะเกิดปฏิกิริยาการสะเทิน เป็นต้น สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่าร้อยละ 25 คิดว่าสารละลายผสมที่มีความเข้มข้นและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาตรเท่ากันของกรดแอซิติก (CH_3COOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้สารละลายเป็นกลาง เพราะว่าสารละลายทั้งสองทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์ เป็นต้น ซึ่งความเข้าใจเหล่านี้นักเรียนเป็นผู้สร้างขึ้นมาเองจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน จากการเรียนนอกห้องเรียน จากตำรา หรือจากสิ่งแวดล้อมในสังคม เป็นต้น (Chiu and Lin, 2007)

จากปัญหาที่ประสบดังกล่าว จะพบว่าความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดที่อยู่ในระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยเป็นเรื่องยากที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจอย่างถูกต้องและสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiu and Lin (2007) ที่รายงานผลการศึกษาว่าการสร้างแนวคิดของนักเรียนที่มีอายุน้อยกว่าพยายามที่จะเรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรมเป็นหลักได้ยากกว่า เนื่องจากข้อจำกัดในด้านการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและมีประสบการณ์เดิมในความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา การจัดการเรียนการสอน หนังสือเรียนและสื่อวัสดุในการสอน เป็นแหล่งสำคัญของการสร้างแนวคิด ซึ่งในเนื้อหาวิชาเคมีมีแนวคิดที่เป็นนามธรรมมากมาย รวมทั้งแนวคิดเรื่องกรด-เบส เนื้อหากรด-เบส จัดอยู่ในสาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สสวท., 2551) และมีลักษณะเฉพาะที่มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับประเภทและลักษณะของกรด-เบส สมบัติของกรด-เบส การเกิดปฏิกิริยาของสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารทั้งใน 3 ระดับ (Johnstone, 2000) คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ สำหรับระดับมหภาค แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ การเกิดตะกอนของเกลือ เป็นต้น ระดับจุลภาค เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถมองเห็นได้ เพราะจะกล่าวถึงอิเล็กตรอน อะตอม โมเลกุล และไอออน เช่น การให้ไฮโดรเจนไอออนในกรณีที่สารเป็นกรดตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี และ ระดับสัญลักษณ์เป็นสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ตัวอย่างเช่น แบบจำลอง สูตร และ สมการเคมี เป็นต้น

นอกจากนี้ กรด-เบส ยังเป็นแนวคิดที่สำคัญและเป็นพื้นฐานของการเรียนวิชาเคมีตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา แนวคิดดังกล่าวนี้มีความสำคัญเนื่องจากเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน (Chiu and Lin, 2007) และเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาอื่นๆ ในวิชาเคมีอีกด้วย เช่น เรื่องสารละลาย ความเข้มข้น สมดุลเคมี และปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชัน เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ครูผู้สอนจะต้องเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมในการทำให้แนวคิดที่เป็นนามธรรมในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์เป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ง่ายมากขึ้นและทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การศึกษาเอกสารและงานวิจัย ทำให้พบว่าการใช้และการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาเคมี เพราะจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วยให้ผู้เรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการนำแบบจำลองประเภทต่างๆ มาใช้เพื่อพัฒนาแนวคิดต่างๆ ในวิชาเคมีที่เป็นนามธรรม เช่น การนำแบบจำลองการอุปมาอุปมัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับอะตอมโมเลกุลและพันธะเคมี (Harrison and Treagust, 2006) หรือการพัฒนาการสร้างแบบจำลองในการเรียนรู้เรื่องพันธะไอออนิก (Paula and Rosaria, 2010) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำกระบวนการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) เป็นรูปแบบการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมี (Justi and Gilbert, 2002) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model) หรือแนวคิดซึ่งเป็นแบบจำลองเริ่มต้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากนั้นผู้เรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง (Model expressions) โดยสามารถแสดงออกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม ภาษาคำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ ต่อมาผู้เรียนทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปทดลองใช้ โดยในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ดีขึ้น และสุดท้ายเป็นการขยายแบบจำลอง (Elaboration) โดยนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Gobert and Buckley, Justi and Gilbert, 2002)

จากความสำคัญของเนื้อหากรด-เบสในวิชาเคมี รวมถึงสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ยังเป็นปัญหาอยู่มาก ประกอบกับจากการวิเคราะห์งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผู้วิจัยพบว่างานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับกรด-เบสในบริบทของประเทศไทยยังมีน้อย ดังนั้น ในฐานะที่ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนวิชาเคมีและประสบกับปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับนักเรียน จึงมีความสนใจที่จะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส โดยในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนก่อน แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยนำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหากรด-เบสแล้ว มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบสเป็นอย่างไร

2. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด-เบส เป็นอย่างไร

3. แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นอย่างไรเมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหากรด-เบสแล้ว

2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด-เบส

3. เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระยะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระยะที่ 1 สำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหากรด-เบสแล้ว

1. กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ที่ผ่านการเรียนรู้แนวคิดเรื่องกรด-เบสมาแล้ว ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 40 คน โดยผู้วิจัยสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

sampling) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการสำรวจ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องกรด-เบส ประกอบด้วย 9 แนวคิดย่อย ได้แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สมบัติของสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส การแตกตัวของกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการสำรวจ ได้แก่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ช่วงเดือนมิถุนายน 2554 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นักเรียนได้ผ่านการเรียนเรื่องกรด-เบสมาแล้ว

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

1. กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ที่ศึกษาวิชาเคมีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 37 คน โดยผู้วิจัยสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling)

2. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องกรด-เบส ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของกระทรวงศึกษาธิการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 9 หน่วย ได้แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สมบัติของสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส การแตกตัวของกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ช่วงเดือนสิงหาคม - กันยายน 2554 โดยใช้ระยะเวลา 3 คาบ/สัปดาห์ จำนวน 15 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเวลา 5 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบจำลองทางความคิด หมายถึง ภาพวาด ภาษา สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบเพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model production) ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (Model expression) ขั้นทดสอบแบบจำลอง (Model testing) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Model evaluation) และขั้นขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ได้แนวทางในการสำรวจและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเนื้อหากรด-เบส ให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้

2. ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ได้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาเคมีอื่นๆ หรือเนื้อหาวิชาอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. นักการศึกษา นักพัฒนาหลักสูตรและผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ สามารถนำผลการวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยเพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาเป็นกรอบในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าตรวจสอบเอกสารต่างๆ และนำมาเรียบเรียงตามลำดับดังนี้

1. การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
   1.1 ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
   1.2 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
   1.3 การเรียนรู้ของนักเรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. แบบจำลอง
   2.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลอง
   2.2 ประเภทของแบบจำลอง
   2.3 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

3. แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดเรื่องกรด-เบส
   3.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลองทางความคิด
   3.2 ประเภทของแบบจำลองทางความคิด
   3.3 การวัดแบบจำลองทางความคิด
   3.4 ผลการศึกษาแบบจำลองทางความคิดและแนวคิดเรื่องกรด-เบส

4. การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   4.1 ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   4.2 ข้อแนะนำสำหรับการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้
   4.3 ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หรือ Constructivism มีหลักการสำคัญว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำและสร้างความรู้ ซึ่งการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้นั้นจะเกิดขึ้นได้อย่างไร ทั้งนี้เนื่องมาจากความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism ซึ่งมีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือ จากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) และวิก็อทสกี้ (Vygotsky) (ทิศนา แขมณี, 2551 และสุรางค์ โค้วตระกูล, 2550)

ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

แนวคิด Constructivism เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เชื่อว่า กระบวนการสร้างความรู้ความเข้าใจเกิดจากตัวผู้เรียนเอง โดยความรู้ที่เกิดขึ้นนั้น นักเรียนเป็นผู้สร้างขึ้น โดยอาศัยการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เป็นประสบการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียนและจะก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งคุณลักษณะที่สำคัญของแนวคิด Constructivism (สุนีย์ คล้ายนิล, 2543) มีดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นผู้แสวงหา ค้นพบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. การเรียนรู้สิ่งใหม่จะเกิดขึ้นได้ย่อมขึ้นกับความเข้าใจในบทเรียน ปัจจุบันผู้เรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจ และประสบการณ์เดิมที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ใหม่ ดังนั้นครูจึงต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์และสร้างความเข้าใจในบทเรียน

3. การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

4. การเรียนรู้อย่างมีความหมาย จะต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติในสภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ว่าเป็นกระบวนการในการ "acting on" ไม่ใช่ "taking in" กล่าวคือ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล ไม่ใช่เพียงรับข้อมูลเข้ามา และนอกจากกระบวนการเรียนรู้จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมอง แล้วยังเป็นกระบวนการทางสังคมอีกด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งทางด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) ได้สรุปแนวคิดหลักของทฤษฎี Constructivism ไว้ว่า แนวคิดนี้มีความเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในบุคคล บุคคลเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมและได้เสนอบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด Constructivism ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสังเกต สำรวจเพื่อให้เห็นปัญหา

2. มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน เช่น แนะนำให้ถาม ให้คิด เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3. ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการคิดค้นต่อๆ ไป ให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม พัฒนาให้ผู้เรียนมีประสบการณ์กว้างไกล

Wilson (1996 อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) กล่าวถึง Constructivism ว่าเป็นทฤษฎีของความรู้ที่ใช้อธิบายว่าเรารู้ได้อย่างไรและเรารู้อะไรบ้าง

ไพจิตร สดวกการ (2538) ได้สรุปแนวคิดหลักของทฤษฎี Constructivism ดังนี้

1. ความรู้คือโครงสร้างทางปัญญาที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อคลี่คลายสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่ โดยมีการตรวจสอบว่า สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์อื่นๆ ที่อยู่ในกรอบโครงสร้างเดียวกันได้

2. นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ โดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่และแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้น

3. ครูมีหน้าที่จัดการให้นักเรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนเองภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ต่อไปนี้

3.1 สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

3.2 ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจให้เกิดกิจกรรมไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้งนั้น

3.3 การไตร่ตรองบนฐานแห่งประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมภายใต้การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2545) กล่าวว่า Constructivism เป็นแนวคิดที่เน้นความสำคัญของตัวผู้เรียน ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ (student-centered learning) โดย Constructivism อธิบายถึงการเรียนรู้ว่าเป็นกระบวนการภายในตัวบุคคล ซึ่งพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องบทเรียน หรือประสบการณ์ที่ศึกษาขึ้นด้วยตัวเองมากกว่าที่จะรับความเข้าใจที่สำเร็จรูปจากการสอนหรือการถ่ายทอดจากผู้อื่น และบุคคลจะเกิดการเรียนรู้ใหม่ๆ ได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน และจะเรียนรู้ได้ง่ายขึ้นถ้ามีบรรยากาศของการทำงานและปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียน และได้เห็นปัญหาในลักษณะรูปธรรมตามสถานการณ์จริง

สรุปแนวคิดแบบ Constructivism เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นให้เด็กลงมือปฏิบัติจริงๆ (hands – on learning) หรือมีบทบาทในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง สร้างความรู้ต่างๆ ด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้แบบเชิงรุก (active) เพื่อทำให้การเรียนรู้ไม่เป็นเพียงแค่การฟังบรรยายในห้องเรียน ซึ่งเป็นการเรียนรู้เชิงรับ (passive) เท่านั้น จะได้ว่าการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้และสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเอง ความรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับคนอื่นๆ หรือพบสิ่งใหม่ๆ แล้วนำความรู้ที่มีอยู่มาตรวจสอบกับสิ่งใหม่ๆ

แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

แนวคิดของทฤษฎี Constructivism เกิดขึ้นจากการบูรณาการของความรู้จากหลายสาขาวิชา ทั้งความรู้จากทฤษฎีจิตวิทยาการศึกษากลุ่มปัญญานิยม ทฤษฎีทางสังคมวัฒนธรรม ภาษาศาสตร์และมานุษยวิทยา (ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา, 2545) โดยมีสาระสำคัญดังนี้

แนวคิดทางจิตวิทยา รากฐานทางจิตวิทยาของ Constructivism คือ ทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget) ซึ่งเพียเจต์มีความคิดว่ามนุษย์เรียนรู้โดยกระบวนการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบด้วยกลไกพื้นฐาน 2 อย่างคือ การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation) และการปรับโครงสร้าง (accommodation) ในกรณีที่ผู้เรียนประสบปัญหาที่ต้องแก้ การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างก็คือความสามารถในการตีความปัญหาหรือจัดปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถแก้ได้ด้วยมโนทัศน์หรือวิธีการเดิมที่มีอยู่ ส่วนการปรับโครงสร้างก็คือความสามารถในการหาวิธีใหม่ หรือคำอธิบายใหม่มาแก้หรือตีความปัญหา เมื่อวิธีเดิมหรือมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ไม่สามารถแก้ปัญหาที่ประสบอยู่ได้

นอกจากนั้น แนวคิดของ Ausubel (1968 อ้างใน พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544) มีความเห็นว่าโครงสร้างส่วนบุคคล เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการศึกษา สิ่งที่สำคัญที่สุดที่ผู้สอนจะต้องรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในจุดเริ่มแรกของการสอน คือ สิ่งที่เด็กรู้ เพื่อที่ผู้สอนจะได้วางแผนการสอนโดยใช้ความรู้เดิมและกลวิธีการเรียนรู้เดิมของเด็กเป็นจุดเริ่มต้น

จากรากฐานทางจิตวิทยา กลุ่มแนวคิด Constructivism เชื่อว่า **การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่าการรับความรู้** ดังนั้นกลุ่มแนวคิด Constructivism จะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคลและสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความเป็นจริง เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้ ซึ่งปรากฏแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้ หรือการเรียนรู้ ทั้งนี้เนื่องมาจากแนวคิดที่เป็นรากฐานสำคัญซึ่งปรากฏจากรายงานของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา คือ เพียเจต์ (Piaget) นักจิตวิทยาพัฒนาการชาวสวิสต์ และ วิก็อทสกี้ (Vygotsky) ชาวรัสเซีย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ทฤษฎี คือ

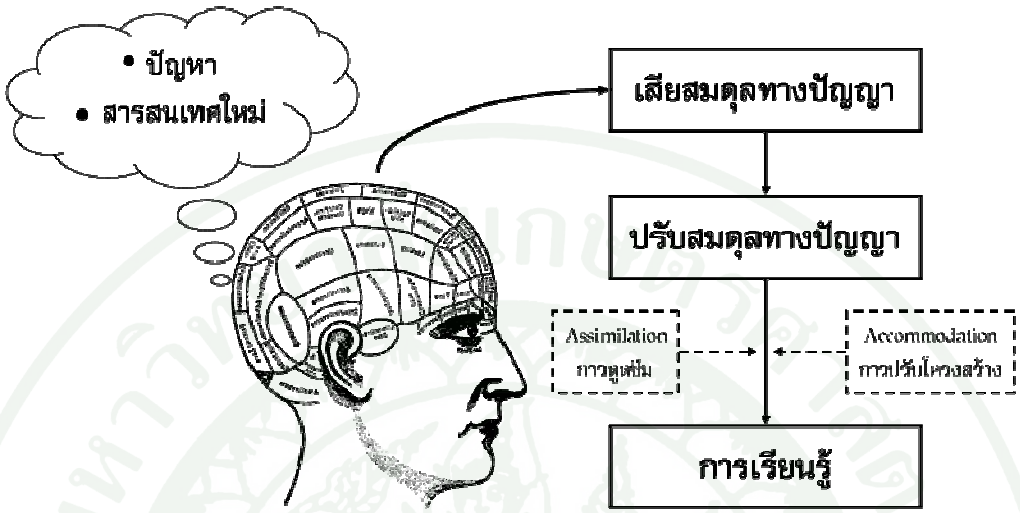
1. Cognitive Constructivism หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) โดยอธิบายว่าพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซาบหรือดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้ จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในสภาวะสมดุล (equilibrium) ปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลใหม่ หรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้น โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) (Greens *et al.*,1996 อ้างใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550)

2. Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิก็อทสกี้ (Vygotsky) ซึ่งถือว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น โดยให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมมาก ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้อง หรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น (Bruning *et al.*, 1999 อ้างใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2550) ฉะนั้นสถาบันทางสังคมต่างๆ จึงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคล นอกจากนั้น ภาษายังเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิดและการพัฒนาเชาวน์ปัญญาขั้นสูง พัฒนาการทางด้านภาษา และทางความคิดของเด็กเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกจากกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นพัฒนาการทั้ง 2 ด้านจะเป็นไปร่วมกัน

ลักษณะร่วมของทั้ง 2 ทฤษฎี ที่เป็นแนวคิดร่วมคือ ต่างเห็นว่าลักษณะของ Constructivism เชื่อว่าผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยการเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบันและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ นอกจากนี้การจัดสิ่งแวดล้อม หรือกิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย



ภาพที่ 1 กระบวนการปรับสภาวะการรับรู้ให้อยู่ในสภาวะสมดุล
ที่มา: Guru Zone (2010)

แนวคิดทางปรัชญา (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544) ความรู้ คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลในการปรับประสบการณ์เก่าที่มีอยู่เดิมให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ได้ด้วยกระบวนการพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ และมีความสมเหตุสมผลก่อให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและกระบวนการของการนำความคิดที่ผ่านกระบวนการพิสูจน์ให้เห็นจริงและมีความสามารถสมเหตุสมผล แล้วนำไปสู่ความคิดอื่นๆ ในประสบการณ์อื่นๆ ที่มีค่าสำหรับการดำเนินชีวิต และขจัดความขัดแย้งระหว่างความคิดในประสบการณ์เก่ากับประสบการณ์ใหม่

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) กล่าวถึง ทฤษฎีการสร้างความรู้ Constructivism ว่าเป็นทฤษฎีการเรียนรู้แนวใหม่ที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยมีหลักสามประการ คือ

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการของการสร้างความรู้ มิใช่เป็นการซึมซับข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นส่วนๆ

2. การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับความรู้เดิม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของการสร้างความรู้ใหม่

3. สถานการณ์ หรือ บริบทของการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญของการสร้างความรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างความรู้มีนักการศึกษาเชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นได้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มนักการศึกษาที่มีความเชื่อในลักษณะนี้ได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. กลุ่มการสร้างความรู้เชิงความคิด กลุ่มนี้เน้นการสร้างความรู้เกิดจากปัจเจกบุคคล การเรียนรู้เป็นกระบวนการเชิงพลวัต (dynamic process) ของการสร้างการจัดระบบและการสร้างความรู้อย่างพิถีพิถัน นักการศึกษาที่มีความเชื่อลักษณะนี้มีทัศนะว่า การสร้างความรู้จะเกิดขึ้นในตัวผู้เรียนที่ผู้เรียนจะต้องสร้างและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

2. กลุ่มการสร้างความรู้เชิงสังคม - วัฒนธรรม กลุ่มนี้มีทัศนะว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม ซึ่งครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการพูดคุยกันอย่างมีความหมายในลักษณะแลกเปลี่ยนกันด้วยบรรยากาศที่เป็นมิตร ปฏิสัมพันธ์ภายในห้องเรียนจะเป็นตัวเชื่อมโยงการเรียนรู้และการสอนให้ผสมผสานกันอย่างกลมกลืน ทั้งนี้ บุคคลที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางสังคมของผู้เรียนจะมีอิทธิพลต่อทัศนะและวิธีคิดของเขา ขณะที่ผู้ใหญ่ ภาษา และวัฒนธรรมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนรู้

การเรียนรู้ของนักเรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

หลักการสร้างความรู้

1. ผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กับทุกสิ่งที่อยู่แวดล้อมตัวเขา จะพยายามค้นหาเพื่ออธิบายสิ่งต่างๆ รอบตัวเขานั้น โดยเขาจะสร้างแบบจำลองหรือสัญลักษณ์ของสิ่งต่างๆที่พบเห็นไว้ในความคิดเพื่อใช้อธิบายสิ่งต่างๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์และเหตุการณ์ต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบตัวนั้น บทบาทของครูจึงเป็นการช่วยผู้เรียนสร้างและประกอบแบบจำลองทางความคิดให้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

2. ผู้เรียนทุกคนจะสร้างหรือร่วมสร้างสิ่งที่มีความหมายด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบการเรียนรู้ของตน ครูเป็นผู้สนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

4. ผู้เรียนจะสร้างสิ่งที่มีความหมายแลกเปลี่ยนกันจากการปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลอง

ความหมายและลักษณะของแบบจำลอง (Model)

ในทางวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของการอธิบายปรากฏการณ์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่าง การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่าง เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในการสืบสวนค้นหาคำตอบโดยทำให้การอธิบายมีความเข้าใจง่ายขึ้น แบบจำลองจำนวนมากมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งเป็นรูปธรรมที่เป็นตัวแทนส่วนหนึ่งของระบบ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองรถไฟ หรือมีขนาดเท่ากับเป้าหมาย เช่น แบบจำลองร่างกายมนุษย์ หรือมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองของไวรัส นอกจากนี้แบบจำลองอาจเป็นแบบจำลองทางความคิดหรือแบบจำลองอาจมีลักษณะผสมผสานระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม เช่น แบบจำลองการกระทำของแรงต่อวัตถุ แบบจำลองอาจจะเป็นระบบ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ได้

สรุปความหมายได้ว่า แบบจำลอง (Model) คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนระบบอื่นๆ ที่เรียกว่า “เป้าหมาย (Target)” ซึ่งประกอบไปด้วย แบบจำลองความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

ประเภทของแบบจำลอง

ประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ดังนี้

1. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์การกำหนดโครงสร้างให้มีความหมายตามขอบเขตขององค์ความรู้ (Ontological status) แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ (Gilbert, 2005)

1.1) แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลเองหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.2) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น คำพูด ภาพวาด ท่าทาง เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3) แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลอง ประสบการณ์และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

1.4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่างๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.5) แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่แสดงวิวัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองการสอนอาจจะสร้างโดยครูผู้สอนหรือนักเรียน ซึ่งเป็นลักษณะแบบจำลองผสม (Hybrid model) โดยการนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ หรือโครงสร้างของหลักสูตรในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออก แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ (Gilbert *et al.*, 2000)

2.1) แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองของวัตถุ 3 มิติ เป็นตัวแทนในการอธิบาย เช่น ใช้แบบจำลองโลหะเพื่ออธิบายเครื่องยนต์ทางรถไฟ หรือใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล เป็นต้น

2.2) แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น คำพูดที่ว่า “หัวใจเปรียบเสมือนเครื่องปั๊ม”

2.3) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สมการของไอน์สไตน์แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานและมวลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ได้เป็น $E = mc^2$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4) แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or Diagrammatic model) เป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5) แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่ของผู้เรียนรอบเพื่อนๆ เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น

การสร้างแบบจำลองมีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยจะสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ประการหลัก คือ ประการแรก เราเชื่อว่าการสร้างแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองทางการแสดงออกในการนำเสนอต่อสาธารณะชนเป็นจุดสำคัญเพื่อที่จะพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์หรือข้อมูลข่าวสารต่างๆ ประการที่สอง การใช้แบบจำลองในการแสดงออกเพื่อการผลิตและการทดสอบการทดลองเป็นสาระสำคัญของความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประการที่สาม คือ แบบจำลองประวัติศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตหลักของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hodson, 1993) ดังนั้นการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนอาจจะเกิดจากการผสมผสานของแบบจำลองหลากหลายชนิดที่เหมาะสมต่อปรากฏการณ์นั้นๆ ที่ต้องการสื่อความหมาย

ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้ก็มีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้ (Gilbert and Ireton, 2003)

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่นๆ ซึ่งคำว่า “ไม่เป็นของจริง” ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า “เป็นของปลอม”

2. คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) โดยแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ง่าย (Simplified) โดยแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่ายๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง เช่น Scale model จะถูกตีความได้ง่ายกว่าแบบจำลองที่เป็นภาพหรือแผนผัง เช่น แผนที่ทางหลวง ผังเมือง เป็นต้น

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดเรื่องกรด-เบส

ความหมายและลักษณะของแบบจำลองทางความคิด

นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกัน โดย Norman (1983) และ Gentner and Stevens (1983) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดว่าเป็นการสร้างองค์ความรู้ขึ้นภายในความคิดของแต่ละบุคคลซึ่งจะเป็นตัวแทนของความจริงต่างๆ ซึ่งจะใช้แบบจำลองทางความคิดเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ และเพื่อที่จะอธิบาย ทำนายในปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น โดยการสร้างแบบจำลองทางความคิดจะเกิดขึ้นผ่านทางการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม สิ่งประดิษฐ์เทคโนโลยี และสังคม นอกจากนี้ Tobin และ Hook (1997) กล่าวว่า แบบจำลองทางความคิดเป็นการสร้างแนวคิดของมนุษย์ที่ใช้สำหรับอธิบายหรือบรรยายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์นั้นๆ ได้โดยตรงและชัดเจน แบบจำลองทางความคิดเป็นความพยายามของมนุษย์ที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงและปรากฏการณ์ในโลก เพื่อให้มีแนวคิดในเรื่องนั้นๆ อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

แบบจำลองทางความคิดมีบทบาทสำคัญในทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการรับรู้โดย Johnson-Laird (1983) กล่าวว่าแบบจำลองทางความคิดเป็นโครงสร้างของการรับรู้พื้นฐาน โดยมีการสร้างความคิด (Mental construct) ขึ้นในสมองของผู้เรียน เป็นการอธิบายการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เรียนจะมีโครงสร้างความรู้ที่เรียกว่า “แผ่นแม่แบบในสมอง” (Mental templates) แบบจำลองทางความคิดเป็นการที่ผู้เรียนสร้างแนวคิด ความรู้ขึ้นในสมอง ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการชี้แนะสิ่งที่รับรู้ให้เกิดขึ้นเป็นรูปร่างของความเข้าใจ ฉะนั้นแบบจำลองเชิงความคิดจะสนับสนุนและอธิบายในเชิงความแตกต่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระหว่างทฤษฎี ความรู้กับปรัชญาทางความรู้ แต่เหตุผลของการอนุมานและความเข้าใจในระหว่างการสนทนา การสื่อสาร โดยเน้นไปที่ความรู้ที่เกี่ยวกับการได้มาของความเข้าใจในเรื่องนั้นๆ

ลักษณะของแบบจำลองทางความคิดนั้นก็จะมีลักษณะคล้ายกับแบบจำลอง โดยธรรมชาติของแบบจำลองทางความคิดจะไม่สมบูรณ์ มีข้อบกพร่อง ไม่ชัดเจน ไม่ปะติดปะต่อ และไม่สอดคล้องกัน ด้วยแบบอย่างของความรู้ที่เปลี่ยนไป เหมือนแบบจำลองโดยทั่วๆ ไป แต่โดยปกติแล้วแบบจำลองก็สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายเหตุการณ์และอธิบายธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้

การสอนให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ที่มีความหมายและปรับเปลี่ยนให้มีความสมบูรณ์ขึ้น (Barquero, 1995) ฉะนั้นแบบจำลองทางความคิดจึงไม่สมบูรณ์ ไม่อยู่นิ่ง สามารถปรับเปลี่ยนได้ หากได้รับการเรียนรู้ ก็จะทำให้แบบจำลองทางความคิดเปลี่ยนไป แบบจำลองทางความคิดจึงถือว่าเป็นการถูกควบคุมโดยกายภาพ แบบจำลองทางความคิดสามารถพัฒนาขึ้นได้ทีละเล็กละน้อย จนกระทั่งสมบูรณ์มากที่สุด แบบจำลองทางความคิดจะสามารถถ่ายทอดออกมาเป็นความเข้าใจของเรื่องราวนั้นๆ หรือสิ่งที่ได้จากการรับรู้ และสามารถประมวลผลการรับรู้เรื่องที่ยากและซับซ้อนได้เพื่อนำไปทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น (Coll, 1999)

แบบจำลองทางความคิด ประกอบไปด้วยความรู้ที่เฉพาะเกี่ยวกับสถานการณ์หรือวัตถุ และมีผลอย่างมากในความเข้าใจและพฤติกรรมของแต่ละบุคคล แบบจำลองทางความคิดจะแตกต่างจากโครงสร้างทางความรู้ ตรงที่ไม่ง่ายที่จะเพิ่มเติมลักษณะบางอย่างเข้าไปในความรู้เดิมแบบจำลองทางความคิดจะถูกสร้างอย่างต่อเนื่อง และถูกจำกัดด้วยทฤษฎี มากกว่าประสบการณ์ที่มาจากการทดลองหรือสังเกต แบบจำลองทางความคิดจะสัมพันธ์กับสิ่งที่แสดงออกมาทางความคิด ซึ่งแต่ละคนจะสร้างขึ้นระหว่างการทำงานในส่วนของการรับรู้ (Vosniadou, 1994)

ประเภทของแบบจำลองทางความคิด

การจำแนกหรือประเภทของแบบจำลองทางความคิดมีนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิด ซึ่งแต่ละคนก็จะมีเกณฑ์ในการจำแนกแบบจำลองทางความคิดต่างกัน ดังต่อไปนี้

Johnson-Laird (1983) แบ่งแบบจำลองทางความคิดออกเป็น conceptual mental model กับ physical mental model ซึ่ง physical mental model จะแสดงลักษณะทางกายภาพของโลก ส่วน conceptual model จะแสดงความเป็นนามธรรมมากกว่า ดังนั้น physical mental

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

model เป็นการสร้างความคิดในสิ่งที่เป็นกายภาพ เป็นรูปธรรมหรือภาพ ซึ่ง conceptual mental model เป็นการสร้างความคิดเกี่ยวกับแนวคิด แบบจำลองหรือสิ่งที่เป็นนามธรรม

Norman (1983) แบ่งแบบจำลองทางความคิดว่าเหมือนระบบของเป้าหมาย ระบบที่ผู้เรียนกำลังพยายามที่จะศึกษา แบบจำลองแนวคิดของระบบนั้น ซึ่งแสดงออกอย่างเหมาะสมของระบบของเป้าหมาย แบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนของระบบนั้น และแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสถานการณ์ของเป้าหมายทั้ง Johnson-Laird (1983) และ Norman (1983) ได้อธิบายลักษณะของแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกันคือ แบบจำลองทางความคิดไม่สมบูรณ์ และเชื่อว่าความสามารถของแต่ละคนในการจัดการกับแบบจำลองถูกจำกัด และความแตกต่างอยู่ที่ความเสถียรของแบบจำลองทางความคิด แต่อย่างไรก็ตาม Johnson-Laird เชื่อว่า แบบจำลองทางความคิดไม่เสถียรมีการเปลี่ยนแปลง ขณะที่ Norman เชื่อว่าแบบจำลองทางความคิดจะอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งและค่อนข้างเสถียร

Khan (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส และได้มีการแบ่งรูปแบบของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. Phenomenon Model เป็นแบบจำลองทางความคิดที่เกี่ยวกับลักษณะภายนอกของกรดหรือเบส เช่น ความเป็นพิษ การกัดกร่อน หรือรสชาติ ซึ่งนักเรียนจะใช้เกณฑ์เหล่านี้ในการตัดสินว่าสารละลายเป็นกรดหรือเบส

2. Character-Symbol Model เป็นแบบจำลองทางความคิดที่เกี่ยวกับคุณสมบัติหรือสัญลักษณ์ โดยนักเรียนจะใช้ชื่อหรือจำนวนของ H^+, OH^- เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าสารละลายเป็นกรดหรือเบส และพิจารณาการผสมระหว่างกรดและเบสสามารถทำให้สารละลายเป็นกลางได้

3. Inference Model เป็นแบบจำลองทางความคิดที่ซับซ้อนขึ้นกว่า 2 แบบแรกโดยจะใช้ความเข้มข้นของไอออน H^+, OH^- หรือใช้ความแรงของกรดหรือเบสในการพิจารณาว่าสารละลายนั้นเป็นกลาง นอกจากนี้ยังมีเรื่องการเจือจางกรด-เบส

การวัดแบบจำลองทางความคิด

การวัดแบบจำลองทางความคิดสามารถวัดได้หลากหลายจากการศึกษางานวิจัยพบว่า วิธีที่ใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิด ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นการวัดทางอ้อม แบบจำลองทางความคิดเป็นการเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การหาข้อสรุป และการทำนายของแต่ละคน ดังนั้นแต่ละคนก็จะมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกันในการที่จะแก้ปัญหาในเรื่องเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้โดยดูจากผลที่ได้จากการแก้ปัญหา (Jonassen and Cho, 2008)

ภาษา (Verbal report) เป็นการวัดโดยตรง ซึ่งการวัดแบบจำลองทางความคิดโดยใช้ภาษาสามารถวัดได้โดยการสัมภาษณ์ การอธิบาย (Khan, 2007; Jonassen and Cho, 2008)

การวาดรูป (Drawing) เป็นภาษาแบบหนึ่งแต่เป็นภาษาที่ไม่ใช้คำพูด แต่อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดได้ในการตีความ ดังนั้นจึงควรมีการอธิบายเพิ่มเติมในสิ่งที่วาด (Jonassen and Cho, 2008)

การเขียนแผนผังความคิด (Concept map) โดยจะสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้โดยพิจารณาจากแนวคิดแต่ละแนวคิดที่มีความเชื่อมโยงกัน (Chang, 2007)

จากการศึกษาความหมายและลักษณะของแบบจำลองทางความคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน หมายถึง ภาพวาด (drawing) ภาษา (verbal report) สัญลักษณ์ (symbol) ลักษณะท่าทาง (gesture) หรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้น (object) ตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ เพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ

ผลการศึกษาแบบจำลองทางความคิดและแนวคิดเรื่องกรด-เบส

วิชาเคมีเป็นที่ทราบกันว่าเป็นวิชาที่มีเนื้อหายากสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ดังนั้น จึงมีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานในวิชาเคมี (Kavanaugh *et al*., 1981) ซึ่งงานวิจัยที่ทำการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในแนวคิดวิชาเคมีได้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจำนวนมาก โดยหนึ่งในแนวคิดเหล่านั้นคือ แนวคิดเรื่องกรด-เบส พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษามุมมองที่แตกต่างกันของความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหากรด-เบส ซึ่งผลการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรด-เบสมีข้อค้นพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น นักเรียนเข้าใจว่า ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่อิเล็กโทรไลต์อ่อน และนอนอิเล็กโทรไลต์ จะมีทั้งโมเลกุลและไอออนอยู่ในสารละลาย หรือมีบางคนที่เข้าใจว่าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อนมีเฉพาะไอออนอยู่ในสารละลาย (จิตตมาส สุขแสวง, 2549) นอกจากนี้ Demerouti *et al*. (2004) ยังพบว่าแนวคิดที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรด-เบส ได้แก่ การแตกตัวและการเกิดเป็นไอออน คำนิยามกรด-เบสตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี สมดุลไอออน การสะเทิน พีเอช (pH) สารละลายบัฟเฟอร์และระดับการแตกตัวเป็นไอออน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Goknan *et al*. (2005) ที่พบว่านักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า “ปฏิกิริยาการสะเทินทั้งหมดที่จุดสิ้นสุด จะไม่มีทั้งไอออนของไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลาย” และนักเรียนเข้าใจว่า “เกลือทุกชนิดมีสมบัติเป็นกลาง”

อย่างไรก็ตาม Chiu and Lin (2007) และ Khan (2007) ยังได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียน และได้ข้อค้นพบว่า นักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับมุมมองของสารละลายที่เป็นกรดและเบสในลักษณะที่เป็นสิ่งที่สังเกตได้ เช่น ลักษณะความเป็นพิษ กัดกร่อน และระบุความแรงของกรดโดยใช้ปริมาณของไฮโดรเจนที่เป็นองค์ประกอบของสาร เช่น สารใดมีไฮโดรเจนมากกว่าก็เป็นกรดแก่ อีกทั้ง นักเรียนยังไม่สามารถระบุความแตกต่างของปฏิกิริยาการสะเทิน และสมบัติของสารที่เป็นกลางทางไฟฟ้า และที่สำคัญนักเรียนโดยส่วนใหญ่เข้าใจไม่ชัดเจนเกี่ยวกับระดับของการแตกตัวและการกลายเป็นไอออน โดยเชื่อว่าการแตกตัวเป็นไอออนเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสาร จึงทำให้การแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเป็นแบบจำลองทางความคิดที่เกี่ยวกับคุณสมบัติหรือสัญลักษณ์ โดยนักเรียนจะใช้ชื่อหรือจำนวนของ H^+ และ OH^- เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าสารละลายเป็นกรดหรือเบส

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องกรด-เบส ดังที่ Goknan *et al*. (2005) พบว่าจากงานวิจัยให้ข้อสรุปว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส โดยส่วนใหญ่เกิดจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นเมื่อต้องมีการเตรียมโปรแกรมการสอนและกิจกรรมของนักเรียน จะต้องให้ความสำคัญกับการนำสารในชีวิตประจำวันมาเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ Chiu and Lin (2007) ที่ได้ทำการศึกษาเพื่อสำรวจลักษณะและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องกรด–เบส พบว่า สื่อการเรียนรู้ สิ่งแวดล้อมรอบตัว หนังสือเรียน หรือการเรียนนอกห้องเรียน ล้วนมีผลต่อลักษณะของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส นอกจากนี้ Demerouti *et al*. (2004) ยังสำรวจพบว่า ผลของตัวแปรทาง psychometric 2 ตัวแปร คือ ระดับทางพัฒนาการและความสามารถในการเรียนรู้ (Cognitive) หรือในการเข้าใจแนวคิดและการคำนวณทางเคมี มีบทบาทสำคัญในการแสดงความเข้าใจในแนวคิดเรื่องกรด-เบสของกลุ่มตัวอย่างอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองนั้น Gobert และ Buckley (2002) ได้อธิบายการจัดการเรียนการสอนไว้เป็นลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

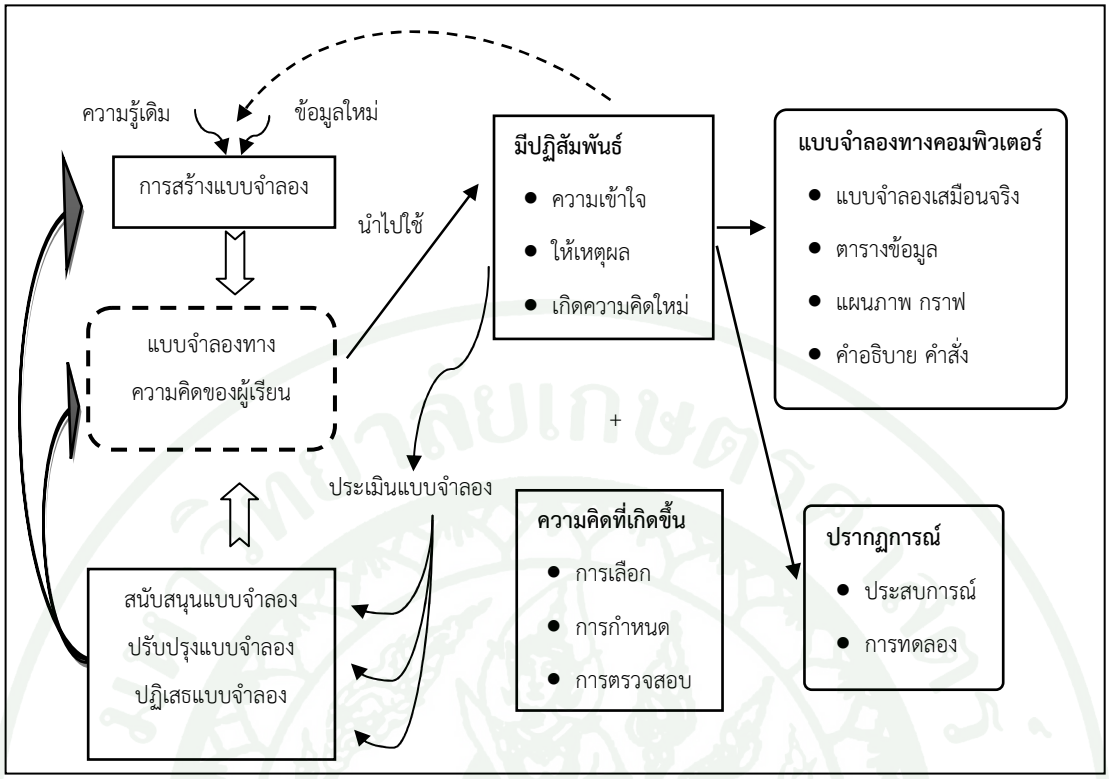
3. ผู้เรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้นๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

จากข้อมูลข้างต้น Buckley *et al.* (2004) ได้สรุปกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร ซึ่งแสดงได้ดังภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

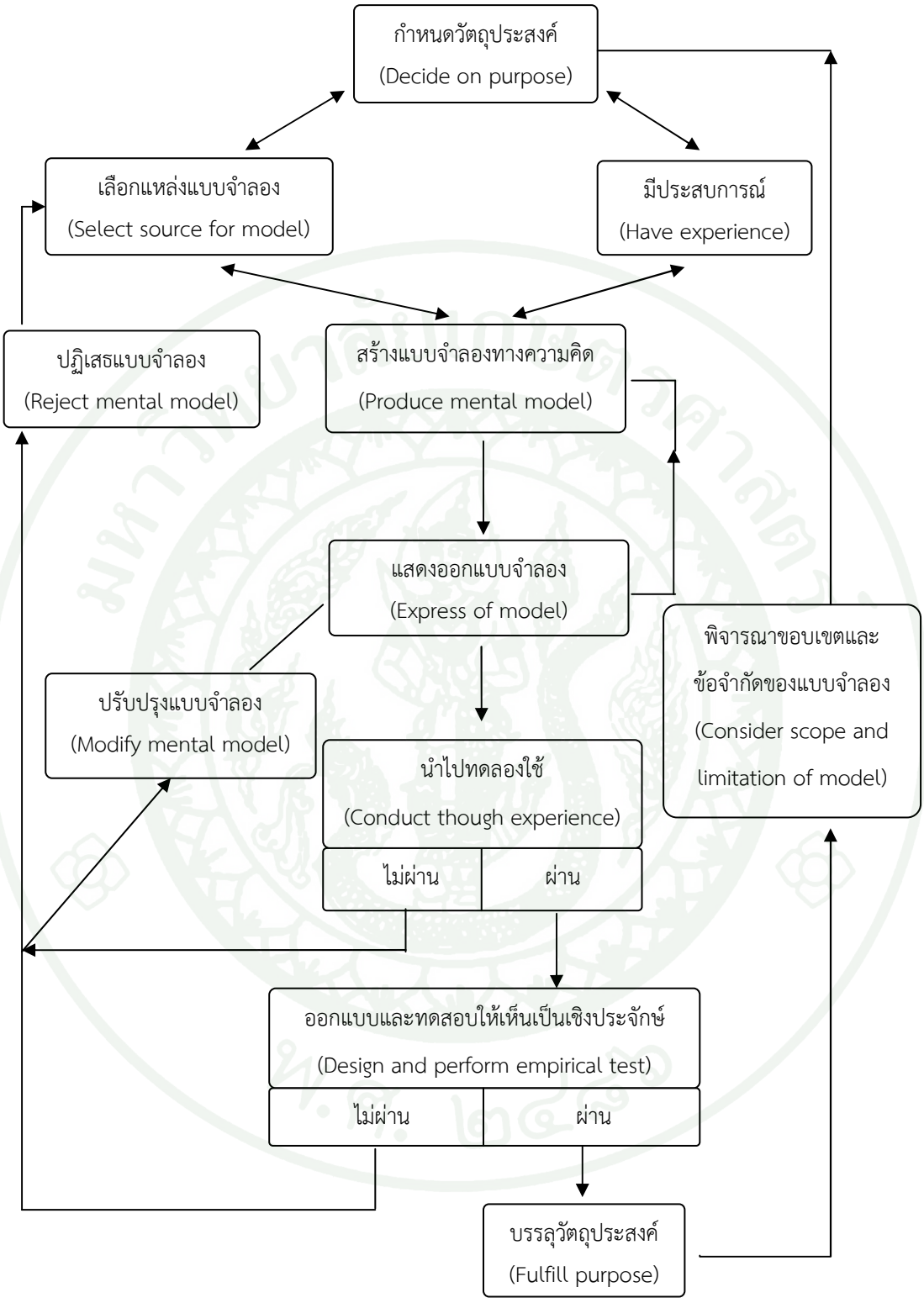


ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ที่มา: Buckley *et al*. (2004)

จากกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเริ่มต้นจากการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ และกระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองออกมา จากนั้นครูจึงประเมินแบบจำลองเพื่อสนับสนุน ปรับปรุงหรือปฏิเสธแบบจำลองหากไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นๆ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน เมื่อนักเรียนปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้มีความเหมาะสมแล้วจึงนำแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นต่อไป

Justi และ Gilbert (2002) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

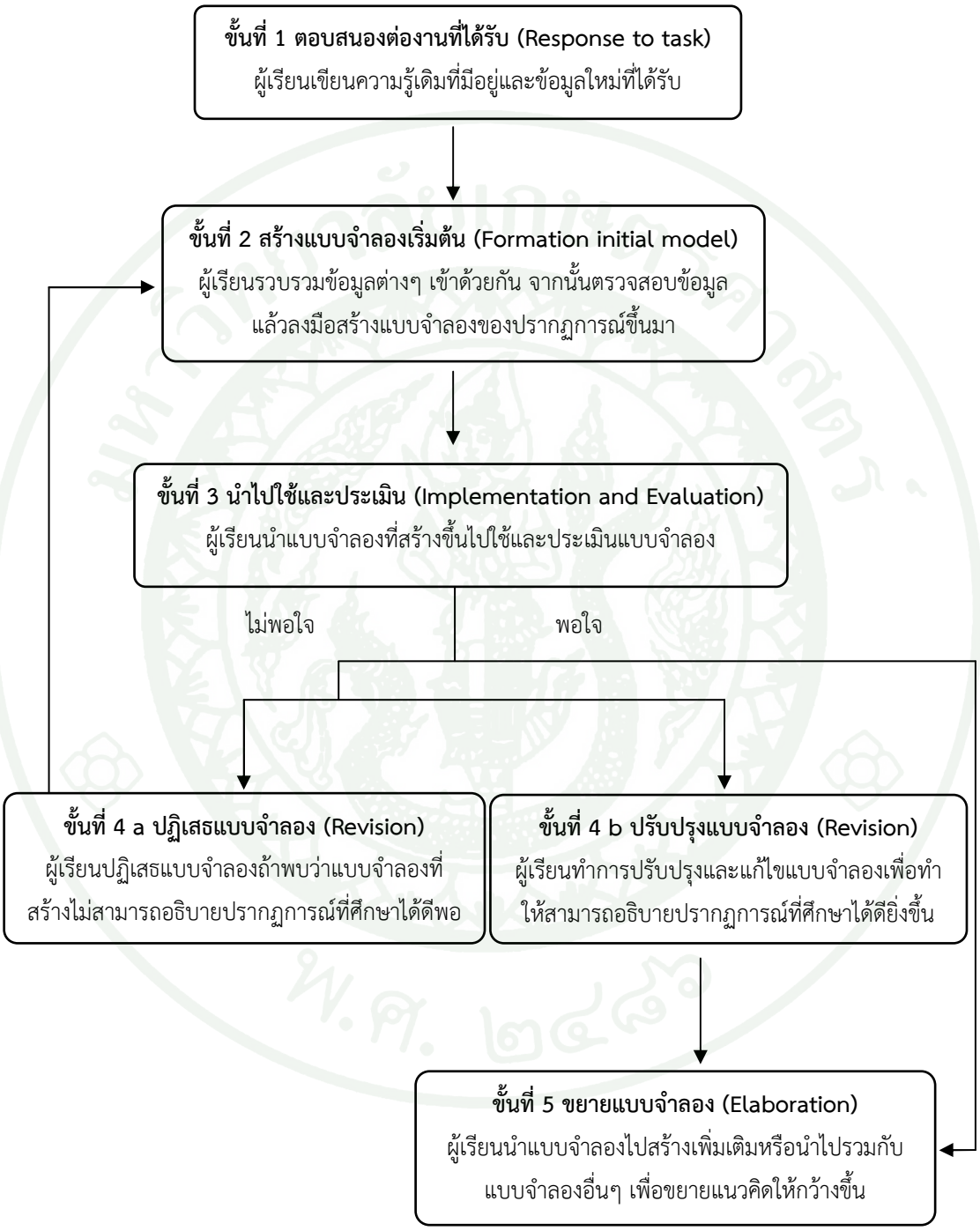


ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง

ที่มา: Justi and Gilbert (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากกรอบแนวคิดดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเป็นขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากภาพที่ 3 และ 4 ซึ่งสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตอบสนองต่องานที่ได้รับ โดยครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องที่ศึกษาออกมา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ในการกระตุ้น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น ครูสนับสนุนให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เป็นความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลหรือจัดกระทำข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา

ขั้นที่ 3 นำไปใช้และประเมิน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่ หรือมีความสอดคล้องเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูจะต้องพยายามใช้คำถามที่ให้นักเรียนสามารถประเมินได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นที่ 4 การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลอง หลังจากประเมินแบบจำลองแล้วหากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นดังกล่าวไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีพอ แบบจำลองนั้นจะถูกปฏิเสธ ดังนั้นนักเรียนจะต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ในขั้นที่ 2 โดยต้องทำการตรวจสอบข้อมูลใหม่และศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดมากขึ้น แต่ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ยังไม่ดีพอ อาจจะมีการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้นให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น เพราะแนวคิดบางอย่างอาจจะใช้แบบจำลองเดียวอธิบายได้ไม่ดีพอ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model) หรือแนวคิด ซึ่งเป็นแบบจำลองเริ่มต้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากนั้นผู้เรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง (Model expressions) โดยสามารถแสดงออกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ ต่อมาผู้เรียนทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปทดลองใช้ โดยในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ดีขึ้น และสุดท้ายเป็นการขยายแบบจำลอง (Elaboration) โดยนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 แบบจำลองในการอธิบายเนื้อหาเคมี เรื่องกรด-เบส

การพัฒนาหลักสูตร	ระดับการศึกษา	ปรากฏการณ์	ตัวอย่างคำอธิบาย
อธิบายเกี่ยวกับวิชาเคมีที่มีปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน	ประถมศึกษา	การอธิบายอย่างง่ายด้วยการชิมรสชาติ	การจัดจำแนกขึ้นอยู่กับการอธิบาย
↓	↓	↓	↓
เพิ่มรายละเอียดการสังเกตพฤติกรรม	มัธยมศึกษาตอนต้น	การขยายพฤติกรรม เช่น ทำปฏิกิริยากับโลหะคาร์บอเนต อินดิเคเตอร์ โลหะออกไซค์ สังเกตความเป็นกลางในการทำปฏิกิริยา และการสังเกต pH ขึ้นอยู่กับสีของอินดิเคเตอร์	มีพื้นฐานในการจัดจำแนกและเปรียบเทียบ คุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างกรดและสิ่งที่ไม่ใช่กรด
↓	↓	↓	↓
กล่าวถึงสูตรโครงสร้างอย่างละเอียด	มัธยมศึกษาตอนปลาย	กรดเป็นสารที่นำไฟฟ้า กรดบางชนิดนำไฟฟ้าได้ดี กรดบางชนิดนำไฟฟ้าได้น้อย น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความเป็นกรด pH จะน้อย ถ้าสารละลายมีความเป็นกรดสูง	สูตรโครงสร้างของกรดจะมีไฮโดรเจน (H) กรดเกิดจากไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในสารละลาย กรดแก่จะแตกตัวได้หมด กรดอ่อนจะแตกตัวบางส่วน pH จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน
↓	↓	↓	↓
มีแบบจำลองที่หลากหลาย แบบจำลองเชิงปริมาณ	มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา	ความเป็นกรดและ pH เปลี่ยนแปลงได้ด้วยการเจือจาง ลักษณะของเบส และการขยายต่อไปในวิชาเคมีเชิงซ้อน	ความเป็นกรดและสมดุลเคมี การคำนวณจากค่าคงที่การแตกตัวของกรดในรูปของไฮโดรเจนไอออน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อแนะนำสำหรับการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

ผลการอภิปรายในรายงานการวิจัยหลายๆ งานได้ให้คำแนะนำสำหรับการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดและมุมมองของแบบจำลองของการพัฒนาและการอธิบายความคิด ดังนี้ (Sizmur and Ashby, 1997)

1. ใช้แบบจำลองเป็นการเริ่มต้นหัวข้อ (Topic) หรือบูรณาการอย่างเต็มรูปแบบเข้าไปในการสอนความคิดหลัก (Key ideas)

2. เมื่อมีการใช้การอุปมาอุปไมย ให้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเชิงอุปมาอุปไมยก่อนที่จะใช้ในการอธิบายความคิดหลัก (Key ideas)

3. แสดงให้เห็นความคล้ายและความแตกต่างของแบบจำลองกับแนวคิดที่เป็นเป้าหมาย เช่น การเน้นย้ำจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลอง

4. ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในการพัฒนาแบบจำลองของตนเองและใช้ในการอธิบายแนวคิด พร้อมทั้งระบุจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลองของตนเอง

5. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจการใช้แบบจำลองของตนเองในการอธิบายความสัมพันธ์กับแนวคิด โดยพิจารณาว่าแบบจำลองยังคงใช้ได้หรือไม่

6. เมื่อมีการใช้แบบจำลองเชิงรูปธรรม (เช่น การวาด/แบบจำลองอะตอม 3 มิติ การสร้างพันธะ) ชนิด 3 มิติ จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและมีความคงทนของแนวคิดหลักมากกว่าแบบจำลองชนิด 2 มิติ

7. ความสนุกสนานในการใช้แบบจำลอง นักเรียนจะให้ความสนใจ มองเห็นภาพและกระตุ้นความสนใจในการสร้างความเข้าใจแนวคิดหลัก แบบจำลองสามารถช่วยในการสร้างแรงจูงใจแก่นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตนเองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ มีการแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้ รวมทั้งการทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีหลายด้านด้วยกัน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านกระบวนการเรียนรู้ ด้านเจตคติ เป็นต้น

ในด้านความเข้าใจ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางเคมีและแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Harrison and Treagust (2000) ที่ตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี หลังการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการสอน ได้แก่ แบบจำลองที่เป็น metaphor และ analogy โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเป้าหมาย (focus) การปฏิบัติการ (action) และการสะท้อนผล (reflection) หรือเรียกย่อๆ ว่า FAR ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลอง analogy ที่หลากหลาย ทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมาย แต่นักเรียนมีความคุ้นเคย จากการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Khan (2008) ที่ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์จำลอง (computer simulation) ที่อาศัยหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอของนักเรียน กิจกรรม simulation ที่ใช้ประกอบด้วยการทำนายกลไกของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกราฟ มุมมองในระดับนาโน และการใช้อุปมาอุปไมย (analogy) ที่เคลื่อนไหวได้ โดยจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ประเมิน และปรับปรุงความรู้ของตนเองอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ในแนวคิดทางเคมีได้ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น

ในด้านกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Maia and Justi (2009) ที่ศึกษากระบวนการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนในห้องเรียนปกติจากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาจาก “แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modeling)” โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเริ่มต้นด้วยครูสาธิตการทดลองแล้วให้นักเรียนได้สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปรากฏการณ์ที่ศึกษา และนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิดและแสดงออกแบบจำลองเริ่มต้นเป็นรายกลุ่ม ต่อมาให้นักเรียนสังเกตการทดลองในสถานการณ์ใหม่เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองเริ่มต้นที่สร้างขึ้น ให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ดีที่สุด และจัดให้มีการนำเสนอแบบจำลองที่สร้างจากสมาชิกในกลุ่ม โดยการนำเสนอจะมีการอภิปราย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การถกประเด็น การตอบคำถามระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู ต่อมาก็ให้นักเรียนได้สังเกตการทดลองในสถานการณ์ใหม่เพื่อพิจารณาถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่ทางกลุ่มได้สร้างขึ้นและการปรับปรุงแบบจำลองให้เป็นที่ยอมรับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ โดยการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดจากการสื่อสารกันภายในห้องเรียน นักเรียนได้ใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมคำพูดและลักษณะท่าทางในระหว่างการทำกิจกรรม นอกจากนี้การเรียนรู้ของนักเรียนยังเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง การใช้คำถามของครู รวมทั้งการอภิปรายกันเกี่ยวกับแบบจำลองภายในห้องเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องสมดุลเคมียิ่งขึ้น

นอกจากนี้จากการศึกษางานวิจัยยังพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานและมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Harrison and De Jong (2005) ที่ศึกษาผลการใช้แบบจำลองการอุปมาอุปไมยที่หลากหลาย ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมีในประเด็นที่เป็นนามธรรม ได้แก่ ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสมดุลไดนามิก จากการศึกษาพบว่านักเรียนมีความสนุกสนานและมีความสนใจในการเรียนทำให้เข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น เนื่องจากการใช้แบบจำลองการอุปมาอุปไมยเป็นการนำสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่มีความเรียบง่าย และนักเรียนมีความคุ้นเคยมาเปรียบเทียบกับแนวคิดเป้าหมายที่เป็นนามธรรม และในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นครูผู้สอนต้องมีบทบาทสำคัญในการอธิบายแบบจำลองอุปมาอุปไมยกับแนวคิดเป้าหมายที่ต้องการ รวมทั้งการนำแบบจำลองการอุปมาอุปไมยมาใช้ในการเรียนการสอนนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยเรื่องเพศ ประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักเรียนด้วย

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกิดจากการเรียนรู้ซึ่งมีผลมาจากปัจจัยในหลายๆ ด้าน ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Chittleborough *et al*. (2004) พบว่าครูมีบทบาทสำคัญมากต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง โดยเสนอแนะว่าครูไม่ควรจะละเลยที่จะชี้แนะให้นักเรียนเห็นธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัด ครูควรให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นและให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองของนักเรียนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นๆ ได้ด้วย

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) พบว่าจะทำให้บทเรียนน่าสนใจและช่วยนักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น (Yusuf, 2002) แบบจำลองช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิดของตน ทำให้สามารถมองความคิดอย่างเป็นระบบ และสามารถทดสอบความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของตนเองได้ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการใช้แบบจำลองเป็นแนวทางเพื่อสืบเสาะแสวงหาความรู้ มีการพัฒนาความเข้าใจในระดับการแสดงออก (level of representation) สูงขึ้น (Moschkovish, 1988) ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการวิจัยตามลำดับดังนี้

รูปแบบการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ระยะที่ 1: สำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียน

รูปแบบงานวิจัยในระยะนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) ซึ่งผู้วิจัยสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ที่ผ่านการเรียนเรื่องกรด-เบสมาแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 40 คน โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาพิจารณาประกอบการสร้างและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในระยะที่ 2 ต่อไป

2. ระยะที่ 2: จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รูปแบบงานวิจัยในระยะนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) โดยผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (1988 อ้างใน กิตติพร ปัญญาภิญโญผล, 2549) มาเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่เป็นวงจรต่อเนื่องกันดังนี้

2.1 ขั้นวางแผนการปฏิบัติ (plan) ผู้วิจัยศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนเรื่องกรด-เบสจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ทำการสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและนำข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

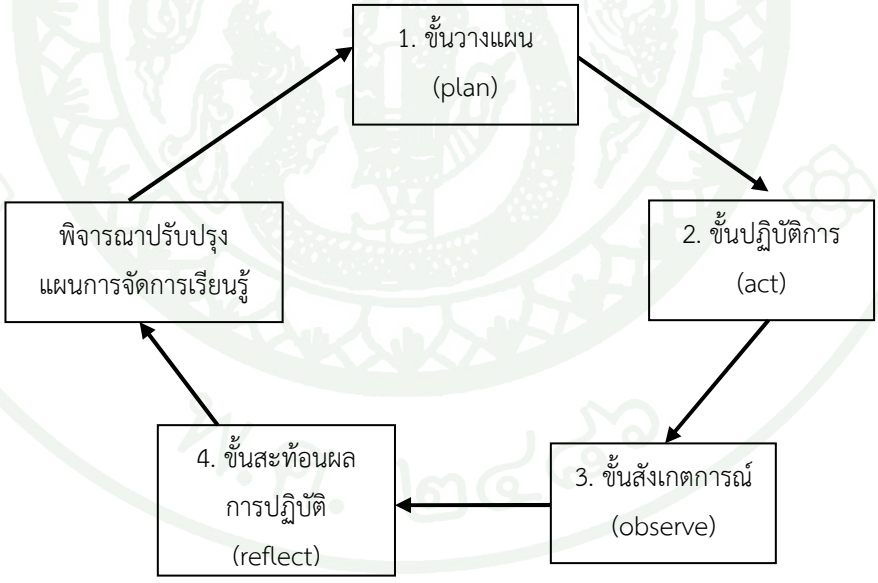
ระยะที่ 1 มาพิจารณาประกอบการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละคาบ ศึกษาข้อมูลและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบ

2.2 ขั้นปฏิบัติการ (act) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สร้างขึ้นไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน

2.3 ขั้นสังเกตการณ์ (observe) ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยสังเกตและบันทึกข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งได้แก่ กระบวนการของการปฏิบัติ ผลของการปฏิบัติ สภาพแวดล้อม และข้อจำกัดของการปฏิบัติ

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflect) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตการณ์มาทำการวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

สามารถสรุปขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน
ที่มา: กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ข้อมูลที่ได้จากการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ได้จากการสำรวจและศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องกรด-เบสแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 หลังจากที่ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำตอบและจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนจากการตอบในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด ทำให้ได้ทราบถึงแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนจากแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงจากการทำปฏิกิริยาของกรดและเบส โดยวาดภาพโมเลกุลของสารผลิตภัณฑ์แทนการวาดไอออนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบไอออนิกหรือการจำแนกชนิดของกรดและเบสไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่สามารถวาดโครงสร้างโมเลกุลของสารได้ ซึ่งสาเหตุเกิดจากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่ได้เน้นให้นักเรียนเรียนรู้โดยการสร้างภาพหรือสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายความเข้าใจ แต่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบการบรรยายและเรียนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเท่านั้น ดังนั้นเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ดีขึ้น กิจกรรมการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้จะออกแบบโดยเน้นการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายแนวคิด และกิจกรรมการทดลองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดอย่างลึกซึ้ง สามารถค้นหาข้อมูล อภิปรายในกลุ่ม นำเสนอข้อมูลและโต้แย้งด้วยเหตุผล

ในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 โดยศึกษามาตรฐานรายวิชา คำอธิบายรายวิชา จากนั้นร่วมกันร่างแผนการเรียนรู้ให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ความคิดเห็น จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจและให้ความคิดเห็น โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และอาจารย์ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญเรื่องกรด-เบส อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์จำนวน 2 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีสอน การวัดและประเมินผล ผู้วิจัยร่วมปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน เพื่อวิเคราะห์และอภิปรายจุดประสงค์รายวิชา เนื้อหา การจัดรูปแบบการเรียนการสอน ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองนำหน่วยการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้และระยะเวลาการจัดการเรียนการสอน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยทราบกิจกรรมที่ควรปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพนักเรียนและเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละหัวข้อ จากนั้นผู้วิจัยได้ร่วมปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อที่จะนำกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสไปใช้ เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แล้วนำเสนอข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมอภิปรายเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สอน เวลาที่ใช้ สื่อการเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล และอภิปรายการเก็บข้อมูล รวมถึงการบันทึกผลหลังจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส

หลังจากที่ได้นำหน่วยการเรียนรู้ไปทดลองใช้และปรับปรุง ผู้วิจัยได้จัดทำหน่วยการเรียนรู้ โดยมีหัวข้อจุดประสงค์รายวิชา แนวคิดสำคัญ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สื่อการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล และใบกิจกรรมต่างๆ ของหน่วยการเรียนรู้

1. เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยเนื้อหา 9 แนวคิดและใช้เวลาทั้งหมด 15 คาบ (50 นาทีต่อคาบ) รวมทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ ซึ่งในระยะเวลานี้เท่ากับเวลาที่ครูผู้สอนวางแผนการสอนก่อนที่จะใช้หน่วยการเรียนรู้ เนื้อหาครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในมาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และคำอธิบายรายวิชา ว 32223 เคมี ของหลักสูตรสถานศึกษา คือ ศึกษาวิเคราะห์กลไกของการเกิดปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเกิดภาวะสมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ทฤษฎีกรด-เบส ความแรงและการแตกตัวของกรดและเบส ปฏิกิริยากรด-เบสและการเกิดเกลือ ปฏิกิริยาการสะเทินและหาจุดยุติ สารละลายบัฟเฟอร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

หน่วยการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส มีจำนวน 9 แนวคิด โดยเริ่มจากแนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกแยะสารอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ อีกทั้งเข้าใจสมบัติที่แตกต่างกันของสารทั้ง 2 ประเภทเพื่อเชื่อมโยงกับสมบัติของสารละลายกรดและเบส เรื่องที่ 2 คือ สมบัติของสารละลายกรดและเบส นักเรียนจะได้ศึกษาชนิดของไอออนที่แสดงสมบัติความเป็นกรดหรือเบส รวมทั้งการทดลองเพื่อทดสอบสมบัติของกรดและเบส เรื่องที่ 3 คือ ทฤษฎีกรด-เบส ซึ่งเป็นการให้นิยามสารที่เป็นกรดและเบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส เรื่องที่ 4 คือ คู่กรด-เบส เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักเกณฑ์ในการระบุสารที่เป็นคู่กรด คู่เบสกัน เรื่องที่ 5 คือ การแตกตัวของกรด-เบส นักเรียนจะได้ศึกษาการเขียนสมการเคมีแสดงการแตกตัวเป็นไอออนของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน และเบสอ่อน รวมทั้งได้เรียนรู้การคำนวณหาความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และคำนวณหาร้อยละการแตกตัว และค่าคงที่สมดุลของกรดและเบส เรื่องที่ 6 คือ อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส เพื่อให้สามารถเข้าใจกลไกการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายที่เป็นกรด เบส และกลาง เรื่องที่ 7 คือ ปฏิกิริยาของกรดและเบส เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกับสารละลายเบส และปฏิกิริยาการสะเทิน พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา เรื่องที่ 8 คือ การไทเทรตกรด-เบส เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการและสามารถนำความรู้เรื่องการไทเทรตสารละลายกรดและเบสไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์สารเชิงปริมาณได้ เรื่องที่ 9 คือ สารละลายบัฟเฟอร์ นักเรียนจะได้ศึกษาลักษณะและสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ รวมทั้งเข้าใจกลไกการควบคุม pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ในธรรมชาติ โดยแนวคิด จำนวนคาบเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าหน่วยการเรียนรู้ครอบคลุมเนื้อหาและผลการเรียนรู้ของรายวิชาเคมี ว 32223 มีกิจกรรมให้นักรียนคิดและปฏิบัติ (Hands – on, mind – on) ครูเป็นผู้ตั้งคำถามและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและให้นักเรียนเป็นผู้คิดและสร้างแบบจำลอง ทำกิจกรรมการทดลอง การอภิปราย รวมถึงการนำเสนอผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าภายในกลุ่ม

2. กิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม โดยใช้วิธีสอนที่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model–based learning) โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model production) ในขั้นเริ่มต้น จากนั้นแสดงออกแบบจำลอง (Model expression) โดยการนำเสนอแบบจำลองที่ตนสร้าง ขั้นทดสอบแบบจำลอง (Model testing) โดยการนำแบบจำลองที่สร้างในตอนเริ่มต้นไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ โดยให้นักเรียนออกแบบการทดลองและกิจกรรมในการทดสอบแบบจำลอง จากนั้นประเมินแบบจำลอง (Model evaluation) ว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หรือไม่และควรปรับปรุงแบบจำลองอย่างไร และขั้นสุดท้ายคือ ขยายแบบจำลอง (Model elaboration) เพื่อพัฒนาแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ เน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน แบ่งหน้าที่ทำงาน และนักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม ทั้งในการสร้างแบบจำลอง การทดลอง และการสำรวจ เป็นต้น

ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนในการวิจัยระยะแรก และข้อมูลความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรด-เบสที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามาใช้ประกอบการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมด้วย ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวคิดหลัก กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และวัสดุอุปกรณ์สื่อและแหล่งการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร มาตรฐาน และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเนื้อหาเรื่องกรด-เบส ในหนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หลักการ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องกรด-เบส ประกอบด้วย 9 หน่วย ได้แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สมบัติของสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส การแตกตัวของกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์

4. นำข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่างๆ มาใช้ประกอบการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนในระยะที่ 1 จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาที่เกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรด-เบส แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้บูรณาการในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียน

5. สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา แนวคิดหลัก และการเรียนรู้ที่คาดหวังวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส

6. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา แนวคิดหลัก และการเรียนรู้วิชาเคมี จำนวน 9 แผน ประกอบด้วย สารละลายอิเล็กโทรไลต์ 1 แผน สมบัติของสารละลายกรดและเบส 1 แผน ทฤษฎีกรด-เบส 1 แผน คู่กรด-เบส 1 แผน การแตกตัวของกรด-เบส 1 แผน อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส 1 แผน ปฏิกิริยาของกรดและเบส 1 แผน การไทเทรตกรด-เบส 1 แผน และสารละลายบัฟเฟอร์ 1 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 คาบ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาคาบละ 50 นาที

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลา ตลอดจนข้อบกพร่องอื่นๆ แล้วนำข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะต่างๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องกรด-เบสที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 กิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องกรด-เบส

แผนการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	กิจกรรมการเรียนรู้
สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution)	3 สิงหาคม 2554 (1 คาบ)	- สาธิตการทดลองการนำไฟฟ้าของสารละลายในชีวิตประจำวัน - นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์การนำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง - ทดสอบแบบจำลองจากการทำกิจกรรมเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย
สมบัติของสารละลายกรดและเบส (Properties of acid and base)	8 สิงหาคม 2554 (2 คาบ)	- ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สามารถเป็นตัวแทนของสารละลายที่เป็นกรดและเบสได้ดีที่สุด โดยให้อิสระในการสร้างแบบจำลองและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการในการสร้างแบบจำลอง - นักเรียนทดสอบแบบจำลองทางความคิดโดยการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของกรดและเบส โดยครูถามว่า “นักเรียนจะทดสอบความเป็นกรด – เบสของสารจากสมบัติใด” ซึ่งนักเรียนสามารถทดสอบสมบัติความเป็นกรด – เบสด้วยการทดสอบการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส การทดสอบกับกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ทดสอบกับฟีนอล์ฟทาลีน การทำปฏิกิริยากับสารบางชนิด เช่น หินปูน โลหะทองแดง สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นต้น - นักเรียนสรุปความคิดเรื่องสมบัติของสารละลายกรดและเบสด้วยภาพแผนผังแนวคิด (concept mapping)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	กิจกรรมการเรียนรู้
ทฤษฎีกรด – เบส (Acid – base theories)	10 สิงหาคม 2554 (1 คาบ) และ 15 สิงหาคม 2554 (1 คาบ)	- ครูกำหนดอุปกรณ์และให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายความเป็นกรด – เบสของสารละลายแอซีติก สารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายไนตริก สารละลายคาร์บอนิก สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายฟอร์มิก และสารละลายแอมโมเนีย - นักเรียนทดสอบแบบจำลองโดยการวาดโครงสร้างของสารดังกล่าวและพิจารณาพลังงานพันธะ ความแข็งแรงของพันธะที่ทำให้สารสามารถแตกตัวเป็นไอออน H^+ หรือ OH^- - ทำกิจกรรมเรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน เพื่ออธิบายแบบจำลองตามทฤษฎีกรด – เบสของเบรินสเตด – ลาวรี
คู่กรด – เบส (Acid – base conjugation)	15 สิงหาคม 2554 (1 คาบ)	- ครูกระตุ้นความคิดและความสนใจนักเรียนโดยการนำภาพที่แสดงสิ่งของที่เป็นคู่กัน ได้แก่ ถุงเท้า รองเท้า ฯลฯ - จากนั้นถามนักเรียนว่า “สิ่งที่เป็นคู่กันมักจะมีลักษณะอย่างไรจึงจัดว่าเป็นคู่กัน” - ครูยกตัวอย่างชื่อสารต่อไปนี้ สารละลายกรดแอซีติก สารละลายแอมโมเนีย สารละลายกรดไนตริก สารละลายโซเดียมแอซีเตต สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ และสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต และให้นักเรียนจับคู่ว่าสารใดเป็นคู่กัน พร้อมทั้งอธิบายว่าสารที่เป็นคู่กันมีลักษณะใดเหมือนกัน - ครูให้นักเรียนอธิบายว่า จะทำอย่างไรกรดหรือเบส จึงเปลี่ยนแปลงเป็นอีกสารหนึ่งได้ โดยให้นักเรียนจับคู่ช่วยกันสร้างแบบจำลองของสารที่เป็นกรด 1 ชนิด เช่น แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ HNO_3 , H_2CO_3 , CH_3COOH เป็นต้น โดยใช้อุปกรณ์ ได้แก่ ไม้จิ้มฟัน ดินน้ำมันหลากหลายสี - ทดสอบแบบจำลองโดยใช้ผลการศึกษาสมบัติความเป็นกรดในกิจกรรมเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	กิจกรรมการเรียนรู้
การแตกตัวของกรด – เบส (Acid – base dissociation)	22 สิงหาคม 2554 (2 คาบ)	- ครูสาธิตการทดลองโดยจุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในสารละลาย 4 ชนิดที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์หมายเลข 1 – 4 (หมายเลข 1 กรดแก่ 2 เบสแก่ 3 กรดอ่อน และ 4 เบสอ่อน) โดยครูระบุว่าสารทั้ง 4 ชนิดมีสมบัติความเป็นกรด – เบสมากน้อยแตกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น (สารละลายในบีกเกอร์หมายเลข 1 และ 2 จะให้ความสว่างมากกว่าสารละลายในบีกเกอร์หมายเลข 3 และ 4) - ใช้คำถามถามนักเรียนว่า แล้วจะจัดสารทั้ง 4 ชนิดเป็นกรดหรือเบสได้อย่างไร (ทดสอบสารแต่ละชนิดด้วยกระดาษลิตมัส พบว่าสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 และ 3 เป็นกรด และในบีกเกอร์ที่ 2 และ 4 เป็นเบส) - และถามว่า จะจำแนกสารละลายในบีกเกอร์ทั้ง 4 โดยใช้ผลการตรวจการนำไฟฟ้าและการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส เป็นเกณฑ์ได้อย่างไร (สารละลายที่ให้ความสว่างของหลอดไฟมากกว่าเป็นสารละลายที่แตกตัวได้ดีกว่าสารละลายที่ให้ความสว่างของหลอดไฟน้อย ดังนั้นสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 เป็นกรดที่แรงกว่าสารละลายในบีกเกอร์ที่ 3 และสารละลายในบีกเกอร์ที่ 2 เป็นเบสที่แรงกว่าสารละลายในบีกเกอร์ที่ 4) - นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า “ถ้านำสารละลาย 3 ชนิดที่มีสมบัติเป็นกรด กลาง เบส เช่น สารละลายไฮโดรคลอริก น้ำ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ สารละลายแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” (จากเนื้อหาเรื่องการแตกตัวของกรดและเบส นักเรียนจะทราบว่ากรด HCl จะแตกตัวให้ H_3O^+และไอออนลบ (Cl^-) ของกรดนั้น เบส NaOH จะแตกตัวให้ OH^- และไอออนบวก (Na^+) ของเบสนั้น โดยในสารละลายกรดและเบสจะมีการแตกตัวของน้ำด้วยให้ H_3O^+ และ OH^- ด้วย) - นักเรียนเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- กับความเป็นกรด – เบสของสารละลาย โดยใช้ลูกปัดสีน้ำเงินและสีแดงแสดงปริมาณความเข้มข้นของไอออนทั้งสอง (ลูกปัด 1 ลูกแทนไอออน $1X10^{-1}$ M)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	กิจกรรมการเรียนรู้
อินดิเคเตอร์สำหรับกรด – เบส (Indicator for acid and base)	24 สิงหาคม 2554 (1 คาบ)	- ใช้คำถามเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบความเป็นกรด – เบสของสารว่า “มีวิธีใดบ้างที่สามารถระบุความเป็นกรด – เบส พร้อมทั้งบอกได้ว่าสารนั้น ๆ มีความเป็นกรดหรือเบสมากหรือน้อย” - ครูสาธิตการเปลี่ยนแปลงสีของสารชนิดหนึ่ง (อินดิเคเตอร์) กับสารละลายอื่นๆ อีก 3 ชนิด (สารละลายที่เป็น กรด เบส กลาง) - เขียนสมการการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ในรูปกรดและรูปเบส จากนั้นร่วมกันสร้างแบบจำลองโดยนำลูกปัดสีต่างๆ ซึ่งติดหมุดไว้ไปติดลงในรูปบีกเกอร์ในช่วงสารละลายที่เป็นกรด กลาง เบส ว่ามีไอออนใดอยู่ในสารละลายบ้าง และจะให้ลูกปัดแต่ละสีแทนไอออนใดบ้าง
ปฏิกิริยาของกรดและเบส (Reaction of acid and base)	29 สิงหาคม 2554 (2 คาบ)	- ครูใช้คำถามว่า กรดมีสมบัติอย่างไร เพราะอะไร เบสมีสมบัติอย่างไร เพราะอะไร แล้วถ้านำกรดกับเบสมาผสมกันจะได้สารที่มีสมบัติเหมือนสารใด - จากนั้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองกรณีที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันได้เกลือที่ละลายน้ำ เช่น สารละลาย HCl กับสารละลาย NaOH และกรณีที่ 2 กรณีที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันได้เกลือที่ไม่ละลายน้ำ เช่น สารละลาย H_2SO_4 กับ $Ba(OH)_2$ - เพื่อทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้น จึงทำการศึกษาการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสและทดสอบสมบัติของเกลือที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในใบกิจกรรมที่ 7.2 – 7.4 ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ศึกษากิจกรรม 7.2 ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกับสารละลายเบส กลุ่มที่ 2 ศึกษากิจกรรม 7.3 ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด กลุ่มที่ 3 ศึกษากิจกรรม 7.4 การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	กิจกรรมการเรียนรู้
การไทเทรตกรด – เบส (Acid – base titration)	5 กันยายน 2554 (2 คาบ)	- ครูนำเสนอตัวอย่างปฏิกิริยาง่ายๆ แล้วถามว่าจะทราบได้อย่างไรว่าสารเหล่านี้ทำปฏิกิริยาพอดีกัน - จากนั้นถามว่าถ้านักเรียนมีสารที่ไม่ทราบความเข้มข้น จะมีวิธีการหาความเข้มข้นของสารนั้นอย่างไร จะทราบได้อย่างไรว่าสารทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกัน - ครูถามว่า “ถ้าเราทราบปริมาตรและความเข้มข้นของสารหนึ่ง เราจะหาความเข้มข้นของสารอีกชนิดหนึ่งที่ทำปฏิกิริยากันได้หรือไม่ โดยอาศัยปริมาตรที่ได้จากการทดลอง” (ได้ โดยคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของสารจากการหาอัตราส่วนที่สารทั้งสองทำปฏิกิริยากันพอดี จากนั้นเทียบบัญญัติไตรยางค์หรือใช้สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$ ในการคำนวณ) - นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม เพื่อออกแบบการทดลองตามกิจกรรมที่ 8.2 – 8.4 ดังนี้ กลุ่มที่ 1 การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ กลุ่มที่ 2 การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ กลุ่มที่ 3 การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด – เบส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	กิจกรรมการเรียนรู้
สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution)	12 กันยายน 2554 (2 คาบ)	- สาธิตความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายตัวอย่าง 4 ชนิด และสังเกตผลการเปลี่ยนแปลง - ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดหาคำตอบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น “เหตุใดการเติมกรด HCl และสารละลาย NaOH ลงในสารละลายจึงทำให้สารละลายในบีกเกอร์ที่ 1, 2 และ 4 มีการเปลี่ยนแปลงสี แต่สารละลายในบีกเกอร์ที่ 3 ไม่เปลี่ยนสี” (เพราะการเติมกรด HCl ลงไปจะทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ เปลี่ยนไป แต่บีกเกอร์ที่ 3 สามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ H_3O^+ ได้จึงทำให้สารละลายไม่เปลี่ยนสี) - ร่วมกันอภิปรายว่าถ้าสารที่ใส่ในบิกเกอร์ต่างๆ ประกอบด้วยสาร 4 ชนิด นักเรียนคิดว่าสารในแต่ละบีกเกอร์ประกอบด้วยสารชนิดใดบ้าง - จากนั้นนักเรียนสร้างแบบจำลองอธิบายข้อสรุปของกลุ่มเกี่ยวกับสารละลายในบีกเกอร์ทั้ง 4 ใบ - นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้นำไปใช้อธิบายสารละลายบัฟเฟอร์ได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น โดยใช้ลูกปัดหลากหลายสีเป็นตัวแทนของสารละลายบัฟเฟอร์ เช่น ลูกปัดสีแดงและสีชมพู แทนโมเลกุลและไอออนของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน และลูกปัดสีเขียวเข้มและสีเขียวอ่อนแทนบัฟเฟอร์เบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส
2. อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน
3. แบบบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอลักษณะ การสร้าง และการหาคุณภาพของเครื่องมือแต่ละฉบับดังต่อไปนี้

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส

สำหรับการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส เป็นแบบวัดที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิดแบบเลือกตอบ พร้อมให้เหตุผลประกอบ จำนวน 10 ข้อ ได้แก่ เรื่อง สารละลาย อิเล็กโทรไลต์ 1 ข้อ สมบัติของสารละลายกรดและเบส 2 ข้อ ทฤษฎีกรด-เบส 1 ข้อ คู่กรด-เบส 1 ข้อ การแตกตัวของกรด-เบส 1 ข้อ อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส 1 ข้อ ปฏิกิริยาของกรดและเบส 1 ข้อ การไทเทรตกรด-เบส 1 ข้อ และสารละลายบัฟเฟอร์ 1 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ตัวชี้วัด และขอบข่ายสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และศึกษาขอบข่ายเนื้อหาเรื่องกรด-เบสในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จัดทำโดยสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเอกสารตำราต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องกรด-เบส เพื่อรวบรวมเนื้อหาที่นักเรียนต้องศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 9 แนวคิดย่อย (ตารางที่ 3) แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 รายละเอียดแนวคิดเรื่องกรด-เบส

แนวคิดย่อย	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
สารละลายอิเล็กโทรไลต์	สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่ละลายน้ำและเกิดการแตกตัวเป็นไอออน เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ ส่วนสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ จะไม่นำไฟฟ้า	1 (ข้อที่ 1)
สมบัติของสารละลายกรดและเบส	**สมบัติของกรด** มีดังนี้ - สารละลายกรดทุกชนิดละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H_3O^+ เหมือนกันแต่ไอออนลบต่างกัน - เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้ - มีรสเปรี้ยวและมีฤทธิ์กัดกร่อน - เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง - มี pH น้อยกว่า 7 - ไอออนที่แสดงสมบัติของสารละลายกรด คือ H_3O^+ **สมบัติของเบส** มีดังนี้ - สารละลายเบสทุกชนิดละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^- เหมือนกันแต่ไอออนบวกต่างกัน - เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้ - มีรสฝาดและลื่น - เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน - มี pH มากกว่า 7 - ไอออนที่แสดงสมบัติของสารละลายเบส คือ OH^-	2 (ข้อที่ 2, 3)
ทฤษฎีกรด-เบส	ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส ให้นิยามว่า “กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน” ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ให้นิยามว่า “กรดคือสารที่ให้โปรตอนและเบสคือสารที่รับโปรตอน” ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส ให้นิยามว่า “กรดคือสารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอนและเบสคือสารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน”	1 (ข้อที่ 4)
คู่กรด-เบส	เมื่อกรดมีการให้โปรตอนไปแล้วส่วนของกรดที่เหลือเรียกว่า คู่เบส (conjugate base) ของกรด จะทำหน้าที่เป็นเบส หรือกล่าวคือ คู่เบสของกรดเบรินสเตดคือโมเลกุลหรือไอออนที่เหลืออยู่หลังจากกรดเสียโปรตอนไปแล้ว ในทางตรงข้ามเมื่อเบสรับโปรตอนแล้วจะได้คู่กรด (conjugate acid) ของเบสซึ่งทำหน้าที่เป็นกรดก็คือสารผลิตภัณฑ์ของเบสที่ได้รับโปรตอน ดังนั้นกรดเบรินสเตดทุกตัวมีคู่เบส และเบสเบรินสเตดทุกตัวมีคู่กรด	1 (ข้อที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

แนวคิดย่อย	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
การแตกตัวของกรด-เบส	**กรดแก่และเบสแก่** เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ที่แตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ จึงเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว และถ้าทราบความเข้มข้นของกรดแก่หรือเบสแก่จะสามารถบอกความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายได้	
	กรดอ่อนและเบสอ่อน จัดเป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน เนื่องจากแตกตัวเป็นไอออนได้เพียงบางส่วนและยังมีโมเลกุลบางส่วนละลายอยู่ในสารละลาย การแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ณ ภาวะสมดุลจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนกับไอออนที่เกิดจากการแตกตัว การบอกความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนในสารละลายจึงต้องทราบว่าโมเลกุลของสารแตกตัวไปเท่าใด	1 (ข้อที่ 6)
อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส คือ สารที่ใช้ตรวจสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย สีของอินดิเคเตอร์ที่ปรากฏ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ HIn และ In^- ในสารละลาย การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายจะทำให้สมดุลถูกรบกวนรวมทั้งความเข้มข้นของ HIn และ In^- ด้วย	1 (ข้อที่ 7)
ปฏิกิริยาของกรดและเบส	ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเนียมไอออนจากกรดกับไฮดรอกไซด์ไอออนจากเบสเกิดเป็นน้ำ เรียกว่า **ปฏิกิริยาการสะเทิน**	1
	ส่วนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดจากไอออนบวกหรือไอออนลบของเกลือกับน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ หรือ OH^- ในสารละลาย	(ข้อที่ 8)
การไทเทรตกรด-เบส	การไทเทรต เป็นกระบวนการหาปริมาณของสารในสารละลายตัวอย่าง โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายที่ทราบความเข้มข้น และวัดปริมาตรของสารละลายทั้งสองที่ทำปฏิกิริยากันพอดีและการทดลองนี้ใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ในการบอกจุดยุติของการไทเทรต	1 (ข้อที่ 9)
สารละลายบัฟเฟอร์	สารละลายบัฟเฟอร์ คือสารละลายที่ได้จากการผสมระหว่างกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น หน้าที่สำคัญคือเป็นสารละลายที่ใช้ในการควบคุมความเป็นกรดเบสของสารละลายเพื่อไม่ให้เปลี่ยนไปมากเมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย นั่นคือรักษาระดับ pH ของสารละลายไม่ให้เปลี่ยนแปลง สารละลายบัฟเฟอร์แบ่งออกเป็นสองชนิดได้แก่	1 (ข้อที่ 10)
	1) สารละลายบัฟเฟอร์ของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน (Acid buffer solution) สารบัฟเฟอร์นี้มี pH < 7 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์กรด	
	2) สารละลายบัฟเฟอร์ของเบสกับเกลือของเบสอ่อน (Basic buffer solution) สารละลายบัฟเฟอร์แบบนี้มี pH > 7 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์เบส	
	รวม	10 ข้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดและเทคนิคการเขียนข้อคำถามแบบปลายเปิด รวมทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดและแนวคิดเรื่องกรด-เบส

1.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิดแบบเลือกตอบ พร้อมให้เหตุผลประกอบ ในเรื่องกรด-เบสพร้อมทั้งกำหนดแนวคำตอบที่ถูกต้องที่เป็นแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ มีข้อคำถามทั้งหมด 10 ข้อ ดังนี้ แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 1 ข้อ สมบัติของสารละลายกรดและเบส 2 ข้อ ทฤษฎีกรด-เบส 1 ข้อ คู่กรด-เบส 1 ข้อ การแตกตัวของกรด-เบส 1 ข้อ อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส 1 ข้อ ปฏิกิริยาของกรดและเบส 1 ข้อ การไทเทรตกรด-เบส 1 ข้อ และสารละลายบัฟเฟอร์ 1 ข้อ โดยสร้างเป็นแบบคำถามปลายปิดที่กำหนดข้อคำถามหรือสถานการณ์ แล้วให้นักเรียนเลือกภาพหรือวาดภาพพร้อมเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ

1.4 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสที่สร้างขึ้น เสนอกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาและอาจารย์ในสาขาวิชาเคมีและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรง (validity) ของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดและความเหมาะสมของคำถามกับแนวคำตอบแต่ละข้อให้สอดคล้องกับแนวคิดที่ตั้งไว้ ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ให้มีความถูกต้อง ชัดเจนและเข้าใจง่าย

1.5 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 10 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ในจังหวัดปัตตานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 20 คน ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องกรด-เบสแล้ว เพื่อดูความชัดเจนของข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลาตลอดจนข้อบกพร่องอื่นๆ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

1.6 จัดทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสฉบับสมบูรณ์ จำนวน 10 ข้อ

1.7 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

อนุทินสะท้อนความคิดเป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนได้เขียนแสดงความรู้สึก สิ่งที่ได้เรียนรู้และความคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอนภายหลังการสอนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดลง โดยกำหนดขอบข่ายในประเด็นต่างๆ ได้แก่ สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ สิ่งที่ได้ทำเพื่อหาคำตอบในการเรียนรู้ คำถาม/เรื่องที่ยังไม่เข้าใจหรือสิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม ความรู้สึกหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาวิธีการสร้างอนุทินสะท้อนความคิดจากหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 กำหนดขอบข่ายของประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิดในประเด็นต่างๆ ได้แก่ สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ สิ่งที่ได้ทำเพื่อหาคำตอบในการเรียนรู้ คำถาม/เรื่องที่ยังไม่เข้าใจหรือสิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม ความรู้สึกหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งต่อไป

2.3 สร้างอนุทินสะท้อนความคิดตามขอบข่ายที่กำหนดไว้

2.4 นำอนุทินสะท้อนความคิดที่สร้างขึ้นเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของประเด็นที่ต้องการศึกษา

2.5 ปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีความเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้จริง

3. แบบบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย

แบบบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัยที่ใช้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูลในประเด็นต่างๆ อย่างละเอียด ภายหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนสิ้นสุดลง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. สำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียน

การวิจัยในส่วนของการสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือและดำเนินการตามขั้นตอนดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส

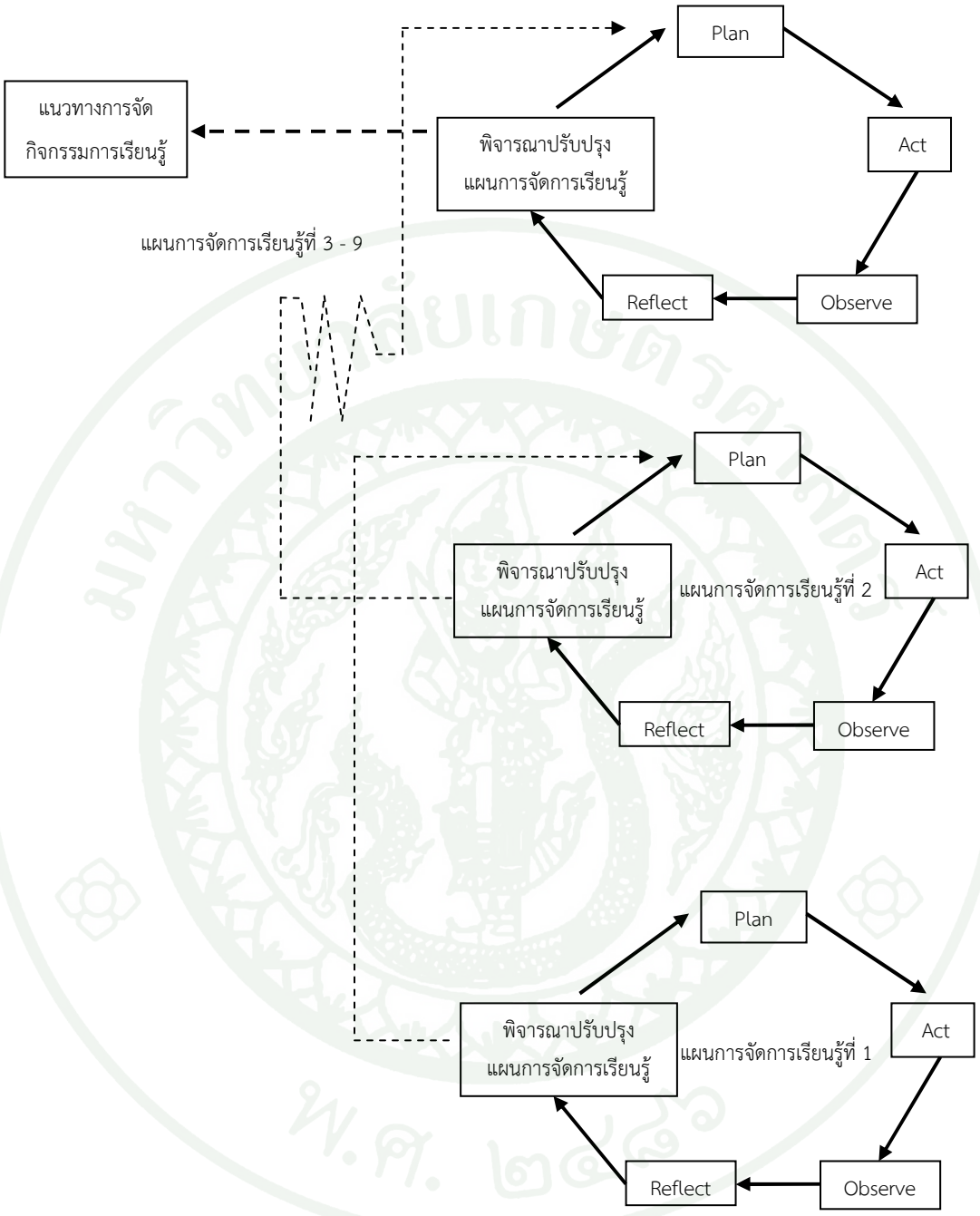
คำถามการวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหากรด-เบสแล้ว มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบสเป็นอย่างไร	แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน	1. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส โดยกำหนดเวลาในการทำแบบวัด 100 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการวัดแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเอง โดยก่อนทำการวัดผู้วิจัยชี้แจงจุดประสงค์ของการศึกษา พร้อมทั้งประโยชน์ที่ได้รับ ให้นักเรียนเข้าใจความสำคัญและตั้งใจทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ 2. หลังจากนักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสแล้ว ให้นำคำตอบของนักเรียนที่ได้รับมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มที่ศึกษาตามขั้นตอนของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผนการปฏิบัติ (plan) ขั้นปฏิบัติการ (act) ขั้นสังเกตการณ์ (observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflect) ซึ่งผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย และการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น แล้วนำข้อเสนอแนะและประเด็นปัญหาต่างๆ มาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อๆ ไป ซึ่งการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีลักษณะเป็นการปฏิบัติซ้ำเป็นวงจร ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำนวน 9 แผน ดังนั้นจึงดำเนินการเป็น 9 วงจร (แผนการจัดการเรียนรู้ละ 1 วงจร) ดังภาพที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 วงจรการดำเนินการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คำถามการวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด-เบส เป็นอย่างไร	อนุทินสะท้อนความคิด แบบบันทึกหลังการสอน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน ครูผู้สอน (ผู้วิจัย)	1. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำนวน 9 แผน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งหมด 15 คาบ 2. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในเรื่องการซักถามกัน การทำกิจกรรมภายในห้องเรียน ตลอดทั้ง 5 สัปดาห์ 3. หลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละแผน ผู้วิจัยบันทึกสิ่งที่สังเกตจากการจัดการเรียนการสอน และให้กลุ่มที่ศึกษาบันทึกอนุทินสะท้อนความคิด 4. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งต่อไป

3. การศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส เมื่อใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การวิจัยในส่วนของการสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือและดำเนินการตามขั้นตอนดังตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส เมื่อใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คำถามการวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นอย่างไรเมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส	กลุ่มที่ศึกษา: นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน	ภายหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามที่วางแผนไว้ ผู้วิจัยทำการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาอีกครั้งหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส (ฉบับเดิม) แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส

1.1 รวบรวมคำตอบที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนแต่ละคนมาจัดจำแนกตามประเภทของแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสทั้ง 9 แนวคิดย่อย ได้แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สมบัติของสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส การแตกตัวของกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์

1.2 ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ในการจำแนกแบบจำลองทางความคิดที่ศึกษาออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งประยุกต์จากการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (Consistent mental model; CM) แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (Partial consistent mental model; PM) แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial consistent & inconsistent mental model; PM & IM) แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (Inconsistent mental model; IM) ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

expression mental model; NM) (ตารางที่ 7) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนแต่ละคนมาจัดจำแนกแบบจำลองทางความคิดเป็นกลุ่ม

1.3 หาความเที่ยง (Reliability) ของการจำแนก โดยผู้วิจัยได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จำนวน 2 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านเนื้อหาเคมี พิจารณาเกณฑ์ในการจำแนกเพื่อหาความสอดคล้องกัน ส่วนคำตอบที่ไม่สอดคล้องกันได้นำมาปรึกษาและหาข้อตกลงใหม่ร่วมกัน จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้มาหาค่าความถี่และค่าร้อยละ เรียบเรียงนำเสนอในรูปของตาราง กราฟและความเรียง

1.4 สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนในการวิจัยระยะที่ 2 นั้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากระหว่างการจัดการเรียนรู้ คือ ข้อมูลจากใบกิจกรรม และอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และทำการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data triangulation) แล้วเรียบเรียงนำเสนอในรูปความเรียง

ตารางที่ 7 เกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส

ประเภทแบบจำลองทางความคิด	ลักษณะของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (Consistent mental model; CM)	นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์ สอดคล้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด -เบส	เลือกภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ HIn, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีอัตราส่วนปริมาณ HIn ต่อปริมาณ In^- มากกว่า 10 เท่า เพราะ HNO_3 เป็นกรดเมื่อเติมลงไปก็จะทำให้แสดงความเป็นกรด ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีเหลืองและเมื่อเติม HNO_3 เสมือนการเพิ่ม H^+ จะทำให้สมดุลย้อนกลับ HIn จึงมีมาก (มีการนับจำนวนโมเลกุลและไอออน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ประเภทแบบจำลองทางความคิด	ลักษณะของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
2. แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (Partial consistent mental model; PM)	นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดและอธิบายเหตุผลได้สอดคล้องบางส่วนกับความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด -เบส	เลือกภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีอัตราส่วนปริมาณ Hln ต่อปริมาณ In^- มากกว่า 10 เท่า เพราะเมื่อเติมกรดลงไป pH จะต่ำลง อินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
3. แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial consistent & inconsistent mental model; PM & IM)	นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดและอธิบายเหตุผลได้สอดคล้องบางส่วนกับความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองเรื่องกรด-เบส และมีอย่างน้อย 1 แบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด -เบส	เลือกภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีอัตราส่วนปริมาณ Hln ต่อปริมาณ In^- มากกว่า 10 เท่า เพราะเมื่อเติมกรดซึ่งมี H^+ ลงในสมการซึ่งผันกลับได้ $Hln+H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In^-$ จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น Hln หมด In^- เพิ่ม จนกระทั่ง H^+ ซึ่งมากเกินพอ ที่เหลือก็จะจับกับ In^- ซึ่งมาก ทำให้สมการย้อนกลับ Hln จึงเพิ่มขึ้น ส่วน In^- ลดลง
4. แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (Inconsistent mental model; IM)	นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด -เบส	เลือกภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีปริมาณของ Hln และ H_2O มากกว่าปริมาณของ H_3O^+และ In^- โดยเป็นภาพที่แสดงอยู่ในช่วงของอินดิเคเตอร์ที่มีสีแดง เพราะเติมกรดเข้าไปในสมการ $Hln(aq)+H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In^-$ แล้วปฏิกิริยาย้อนกลับทำให้ H_3O^+และ In^- ลดลง แต่ Hln, H_2O เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ประเภทแบบจำลองทางความคิด	ลักษณะของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
5. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No expression mental model; NM)	นักเรียนไม่เขียนข้อมูลใดๆ ที่แสดงแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสหรือเขียนลักษณะทวนคำถามหรือแสดงแบบจำลองที่ไม่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองเรื่องกรด-เบส	ไม่แสดงตัวเลือกและไม่เขียนคำตอบใดๆ

การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเพื่อให้การตรวจแบบจำลองทางความคิดมีความน่าเชื่อถือมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ช่วยกันตรวจแบบวัดแบบจำลองทางความคิดโดยพิจารณาคำตอบของนักเรียนว่าอยู่ในกลุ่มใดและคำตอบของนักเรียนมีความถูกต้องหรือไม่

2) ก่อนทำการตรวจแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผู้วิจัยทำการฝึกการตรวจก่อนจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่นำไปทดลองใช้กับโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดปัตตานี

3) ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจำนวน 5 คนมาทำการตรวจหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยแยกกันตรวจ

4) หาค่าความสอดคล้องของการตรวจแบบจำลองทางความคิดของผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5) ผู้วิจัยปรึกษากันถึงข้อที่ไม่สอดคล้องและทำความเข้าใจถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจและสาเหตุที่ทำให้เข้าใจไม่ตรงกันแล้วทำความเข้าใจให้ตรงกัน

6) ผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาแยกกันตรวจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนอีกครั้งเพื่อให้มีแนวทางเดียวกันในการตรวจจากนั้นนำมาหาค่าความสอดคล้องของจำนวนข้อที่ตรวจตรงกัน

7) ผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาทำการปรึกษากันถึงข้อที่จัดกลุ่มไม่ตรงกันและทำความเข้าใจให้ตรงกันเพื่อที่ผู้วิจัยจะได้ตรวจและจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่เหลือทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การเขียนอนุทินสะท้อนความคิดของผู้เรียนและจากการบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัยมาวิเคราะห์ร่วมกัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) และสรุปเป็นประเด็นต่างๆ เพื่อทำการประมวลผลโดยการวิเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์ และอภิปราย เพื่อประเมินสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นว่าสิ่งที่ปฏิบัติอยู่ดีหรือไม่ มีความเหมาะสมอย่างไร มีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการวิจัยให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) แล้วนำผลที่ได้มาเรียบเรียงนำเสนอในรูปความเรียง

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 8 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลา	การดำเนินงาน
ก.พ. – เม.ย. 2554	เสนอโครงการวิทยานิพนธ์
ก.พ. – ก.ค. 2554	สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบส (การวิจัยระยะที่ 1)
	ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยระยะที่ 1
	วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในการวิจัยระยะที่ 1
	ดำเนินการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (แผนการจัดการเรียนรู้) เรื่อง กรด-เบส (การวิจัยระยะที่ 2)
ส.ค. – ก.ย. 2554	ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด–เบส เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
พ.ย. 2554 – ก.พ. 2555	วิเคราะห์ข้อมูลและพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์
มี.ค. - เม.ย. 2555	สอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายและส่งรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ผลการวิจัยระยะที่ 1 สำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยระยะที่ 2 ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องกรด–เบส และศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผลการวิจัยระยะที่ 1

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มที่ศึกษา

การศึกษาในระยะที่ 1 เป็นการสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียน โดยกลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ที่ผ่านการเรียนเรื่องกรด–เบสมาแล้วในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 40 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยนักเรียนทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 17–18 ปี เป็นนักเรียนชาย 23 คน นักเรียนหญิง 17 คน และมีความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์และเคมีอยู่ในระดับปานกลาง

2. แบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

การศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหากรด–เบสแล้ว ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด–เบสซึ่งเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ หรือวาดภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และเขียนบรรยาย รวมทั้งสิ้น 10 ข้อ โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 และให้นักเรียนทำแบบวัดโดยใช้เวลา 100 นาที สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสในกลุ่มต่างๆ

แนวคิดย่อยเรื่องกรด-เบส	**จำนวนนักเรียน (คน) แต่ละกลุ่ม (N = 40) [ร้อยละ]**				
	CM	**PM**	**PM & IM**	**IM**	**NM**
สารละลายอิเล็กโทรไลต์	1 [2.5]	7 [17.5]	11 [27.5]	19 [47.5]	2 [5.0]
สมบัติของสารละลายกรดและเบส	1 [2.5]	12.5 [31.3]	26.5 [66.3]	0 [0.0]	0 [0.0]
ทฤษฎีกรด-เบส	0 [0.0]	3 [7.5]	37 [92.5]	0 [0.0]	0 [0.0]
คู่กรด-เบส	1 [2.5]	11 [27.5]	18 [45.0]	8 [20.0]	2 [5.0]
การแตกตัวของกรด-เบส	2 [5.0]	9 [22.5]	26 [65.0]	3 [7.5]	0 [0.0]
อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	1 [2.5]	24 [60.0]	1 [2.5]	13 [32.5]	1 [2.5]
ปฏิกิริยาของกรดและเบส	12 [30.0]	19 [47.5]	7 [17.5]	0 [0.0]	2 [5.0]
การไทเทรตกรด-เบส	0 [0.0]	10 [25.0]	28 [70.0]	0 [0.0]	2 [5.0]
สารละลายบัฟเฟอร์	2 [5.0]	25 [62.5]	9 [22.5]	2 [5.0]	2 [5.0]
ร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียน	5.6	33.5	45.4	12.5	3.1

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 45.4 มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบส การไทเทรตกรด–เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ รองลงมานักเรียน ร้อยละ 33.5 มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ในแนวคิดเรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส และปฏิกิริยาของกรดและเบส ตามลำดับ สำหรับแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับมากที่สุด (CM) ได้แก่ แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบส และแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและแนวคิดการไทเทรตกรด–เบส ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (CM) เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดแตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์

ผู้วิจัยให้นักเรียนเลือกภาพสารสมมติ (คำถามเป็นสารสมมติ AB) ที่ละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 47.5 มีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อน (IM) โดยนักเรียนมีแนวคิดว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารที่แตกตัวเป็นไอออนบวกและลบได้โดยอะตอมออกซิเจนของโมเลกุล H_2O หันเข้าหาไอออนบวกและไอออนลบของสารที่แตกตัว และมีเพียงร้อยละ 2.5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่า สารละลาย อิเล็กโทรไลต์เมื่อละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบแยกออกจากกัน โดยไอออนบวกและไอออนลบสามารถเคลื่อนที่ไปมาในสารละลายได้ จึงทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ ส่วนน้ำ (H_2O) สามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนบางส่วน ในสารละลายจึงมีทั้งไฮโดรเจนไอออน ไฮดรอกไซด์ไอออน และโมเลกุลของน้ำกระจายอยู่กับไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดจากการแตกตัว แต่น้ำแตกตัวได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อัตราส่วนของ H^+ และ OH^- จะน้อยกว่าอัตราส่วนของไอออนบวกและไอออนลบของสารอิเล็กโทรไลต์

2.2 สมบัติของสารละลายกรดและเบส

ผู้วิจัยนำภาพที่สื่อถึงสมบัติต่างๆ ของกรดและเบส เช่น ภาพการนำไฟฟ้าของมะนาว ภาพสารที่แตกตัวให้ H^+ ภาพสารที่อยู่ในช่วง pH น้อยกว่า 7 เป็นต้น แล้วให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงความเป็นกรดและเบส พร้อมให้เหตุผลประกอบ จากการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนร้อยละ 66.3 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) จากแบบจำลองเชิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่เลือกภาพกรดในกระเพาะอาหาร สารที่แตกตัวให้ H^+ การนำไฟฟ้าของมะนาว การกัดกร่อน และสารที่อยู่ในช่วง pH น้อยกว่า 7 ได้ถูกต้องว่าสื่อถึงสมบัติของกรด และสามารถเลือกภาพผงฟู และสารที่แตกตัวให้ OH^- ว่าสื่อถึงสมบัติของเบสได้ถูกต้อง ซึ่งภาพเหล่านี้เป็นแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model) และแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) นอกจากนี้ นักเรียนยังเลือกภาพที่แสดงสมบัติของกรดและเบสไม่ถูกต้องร่วมด้วย เช่น ระบุว่าภาพ Na^+ กับ Cl^- เป็นเบสเพราะเป็นสารที่ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตโซดาไฟ (NaOH) ซึ่งเป็นสารที่มีสมบัติเป็นเบส นักเรียนเพียงร้อยละ 2.5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ และยังพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อน (IM) หรือไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM) ในเรื่องนี้

2.3 ทฤษฎีกรด–เบส

ผู้วิจัยแสดงภาพการแตกตัวของสารตัวอย่างชนิดต่างๆ แล้วให้เลือกว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบส จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนว่านักเรียนให้เหตุผลในการจำแนกสารที่เป็นกรดและเบสด้วยเกณฑ์ใด และสอดคล้องกับทฤษฎีกรด–เบสของใคร โดยพบว่าส่วนใหญ่นักเรียนจะอธิบายความเป็นกรด–เบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส และส่วนใหญ่ร้อยละ 92.5 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) จากแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนบางคนอธิบายว่ากรด คือ สารที่มีไอออน H_3O^+, H^+ มากกว่า OH^- และเบส คือ สารที่มีไอออน OH^- มากกกว่า H_3O^+, H^+ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวเป็นแบบจำลองเชิงการลงความเห็น (Inference model) โดยไม่สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณากรด–เบสตามปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในข้อนี้ได้ สำหรับคำอธิบายที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด–ลาวรี หรือลิวอิสเท่านั้นในการอธิบาย เช่น ภาพสาร NH_3 กับ $AlCl_3$ จะได้ว่า NH_3 เป็นเบส และ $AlCl_3$ เป็นกรด เพราะตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส ให้นิยามว่า กรดคือสารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอน และเบสคือสารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน ซึ่งในภาพแสดงให้เห็นการให้และรับคู่อิเล็กตรอนของสาร ดังนั้น จากรูปจะได้ว่า NH_3 ให้คู่อิเล็กตรอนแก่ $AlCl_3$ เป็นต้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (CM)

2.4 คู่กรด–เบส

ผู้วิจัยแสดงภาพการละลายน้ำของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ซึ่งซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ละลายในน้ำ จากนั้นให้นักเรียนระบุสารที่เป็นคู่กรด–เบสกันตามทฤษฎีกรด–เบสของเบรินสเตด–ลาวรี ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนร้อยละ 45.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) จากแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยนักเรียนอธิบายได้ถูกต้องว่า คู่กรด-เบสจะมีจำนวน H ต่างกัน 1 อะตอม แต่มีการระบุคู่กรด–เบสบางคู่ไม่ถูกต้อง เช่น เขียนระบุว่า H^+ คู่กับ H_2O หรือ OH^- คู่กับ H_2O โดยไม่สามารถระบุได้ว่าสารใดเป็นคู่กรดและสารใดเป็นคู่เบส รองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) คิดเป็นร้อยละ 27.5 นอกจากนี้มีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (CM)

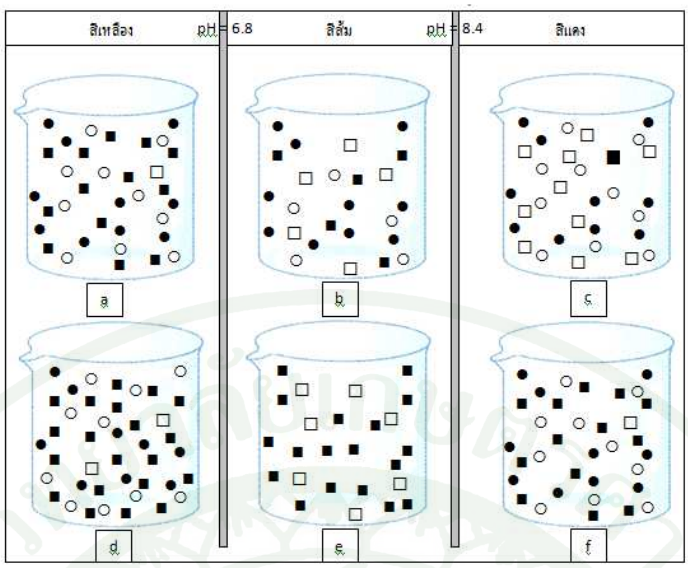
2.5 การแตกตัวของกรด-เบส

ผู้วิจัยกำหนดปริมาณสารก่อนการละลายของ HCOOH HNO_3 และ $Ca(OH)_2$ แล้วให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงการเปลี่ยนแปลงหลังการละลายพร้อมให้เหตุผลประกอบ จากผลการวิเคราะห์คำตอบ พบว่า นักเรียนร้อยละ 65.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) จากแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเลือกภาพ $Ca(OH)_2$ ที่แตกตัว 100% แต่เขียนสมการเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ว่า $Ca(OH)_2+H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+}+OH^-$ นอกจากนี้มีนักเรียนเพียงร้อยละ 5.0 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) ที่สามารถเลือกภาพแสดงการแตกตัวของสารต่างๆ ได้ถูกต้อง และพิจารณาถึงปริมาณของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้เหมาะสม

2.6 อินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส

ผู้วิจัยแสดงสมการ $HIn\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons In^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$ และกำหนดสัญลักษณ์ของโมเลกุลและไอออนตามสมการ จากนั้นระบุการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด ช่วง pH 6.8 – 8.4 คือ สีเหลือง – สีแดง แล้วถามว่าเมื่อเติมกรดไนตริกลงไป ภาพใดแสดงความเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ซึ่งมีเพียงร้อยละ 2.5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) โดยนักเรียนสามารถเลือกภาพสัญลักษณ์อินดิเคเตอร์ที่ประกอบด้วย HIn, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีอัตราส่วนปริมาณ HIn ต่อปริมาณ In^- มากกว่า 10 เท่า (ตัวเลือก a และ d ในภาพที่ 7) และอธิบายได้ถูกต้องว่าอินดิเคเตอร์ประกอบด้วย HIn, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีอัตราส่วนปริมาณ HIn ต่อปริมาณ In^- มากกว่า 10 เท่า ซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองในช่วงกรดได้ เพราะเมื่อเติมกรดไนตริกลงไป จะแตกตัวให้ H_3O^+ ทำให้ปริมาณ H_3O^+ ในสารละลายมีมากขึ้น ระบบจะปรับปริมาณสารให้เข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถเลือกภาพได้ถูกต้องแต่ให้เหตุผลอธิบายเพียงว่า เมื่อเติมกรดลงไป pH จะต่ำลง อินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด

หมายเหตุ: ● แทน H_3O^+ ○ แทน H_2O ■ แทน HIn □ แทน In^-

2.7 ปฏิกิริยาของกรดและเบส

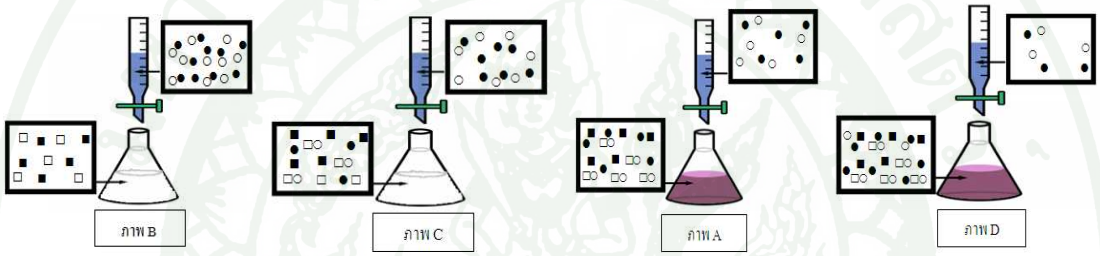
ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์คำตอบ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 47.5 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถวาดภาพแสดง KI และ H_2O ในบีกเกอร์ได้ถูกต้อง แต่วาดจำนวนอนุภาคของสารดังกล่าวได้ไม่ครบถ้วน และสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาในรูปของสัญลักษณ์ทางเคมีได้ว่า $HI + KOH \longrightarrow KI + H_2O$ นอกจากนี้นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) คิดเป็นร้อยละ 30.0 และมีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) คิดเป็นร้อยละ 17.5

2.8 การไทเทรตกรด–เบส

ผู้วิจัยกำหนดจำนวนโมลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐาน และจำนวนโมลของสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) แล้วให้นักเรียนเลือกภาพที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละระยะของการไทเทรต คือ ระยะเริ่มต้น ระยะก่อนถึงจุดยุติ ระยะที่จุดยุติ และระยะหลังจุดยุติ ดังภาพที่ 8 ซึ่งผลการวิเคราะห์คำตอบ พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่จัดอยู่ในกลุ่มที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าก่อนการไทเทรตสารละลายมาตรฐานในบิวเรตต์จะมีเฉพาะไอออนของ Na^+ และ OH^- และสารละลายในขวดรูปชมพูจะมีเฉพาะไอออนของ H^+ และ Cl^- และก่อนถึงจุดยุติปริมาณ NaOH ลดลง แต่ในขวดรูปชมพูมีจำนวนโมเลกุลของ NaOH อยู่ แต่น้อยกว่า HCl เนื่องจากยังไม่พอดีกันแสดงว่ายังไม่ถึงจุดยุติ และที่จุดยุติสารละลายในขวดรูปชมพู่มีการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากฟีนอล์ฟทาลีนและจำนวนโมเลกุลของสารเท่ากัน นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 70.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) จากแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า ระยะจุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต จำนวนโมลของ NaOH และ HCl เท่ากัน ซึ่งแสดงว่ายังไม่ทำปฏิกิริยากัน



จุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต ก่อนถึงจุดยุติ ที่จุดยุติ หลังจุดยุติ

ภาพที่ 8 แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการไทเทรต NaOH และ HCl ที่ระยะต่างๆ

หมายเหตุ: ⊗ แทน NaOH 1 โมลโมเลกุล ● แทน Na^+ 1 โมลไอออน ○ แทน OH^- 1 โมลไอออน ☒ แทน HCl 1 โมลโมเลกุล ■ แทน Cl^- 1 โมลไอออน ☐ แทน H^+ 1 โมลไอออน

2.9 สารละลายบัฟเฟอร์

ผู้วิจัยให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงปรากฏการณ์เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อยแล้วทำให้ค่า pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 62.5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนแสดงคำตอบของสารละลายบัฟเฟอร์ที่เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น รองลงมา พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) คิดเป็นร้อยละ 22.5 นอกจากนี้มีนักเรียนเพียงร้อยละ 5.0 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (CM)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวิจัยระยะที่ 2

1. ข้อมูลพื้นฐาน

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จังหวัดปัตตานี ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ได้รับการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสองระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จากสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) ปีการศึกษา 2552 ในระดับดีมากทุกมาตรฐาน และผลการประเมินจากรายงานการพัฒนาคุณภาพการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2553 พบว่า นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนผลทดสอบรวบยอดระดับชาติ (NT) สูงกว่าค่าเฉลี่ยระดับชาติในทั้ง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ และผลการจัดลำดับโรงเรียนเก่งต่อเนื่องติดต่อกัน 5 ปี (ปีการศึกษา 2548 – 2552) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (2553) พบว่าโรงเรียนที่ศึกษาเป็นโรงเรียนที่มีคะแนน O-Net ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงสุด 1 ใน 5 ต่อเนื่องกัน 5 ปีของโรงเรียนขนาดกลาง (จำนวนนักเรียน 301 ถึง 1,000 คน) ทั้งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ในปีการศึกษา 2554 โรงเรียนมีครูผู้สอนทั้งหมด 56 คน เป็นครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 11 คน มีนักเรียนทั้งหมด 861 คน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจำนวน 193 คน ประกอบด้วย 5 ห้องเรียน โดย 4 ห้องเรียนเป็นนักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนนั้น นักเรียนทั้ง 4 ห้องเรียนต้องเรียนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และดาราศาสตร์ สำหรับวิชาเคมีเรียนสัปดาห์ละ 3 คาบๆ ละ 50 นาที สำหรับในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 นักเรียนต้องเรียนวิชาเคมี จำนวน 3 หน่วย ได้แก่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมี และกรด–เบส ตามลำดับ

นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิชาเคมีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 มีนักเรียนทั้งหมด 37 คน เป็นนักเรียนชาย 17 คน และนักเรียนหญิง 20 คน เป็นนักเรียนที่คละความสามารถทางการเรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถทางการเรียนวิชาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

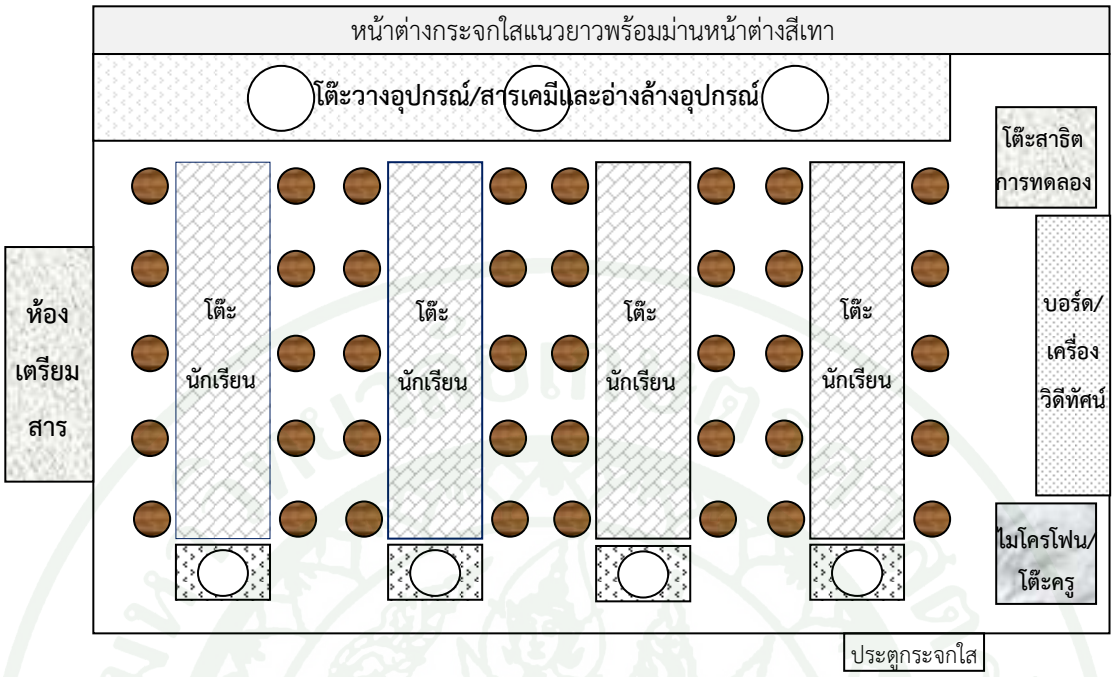
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ข้อมูลของนักเรียนที่เรียนวิชาเคมี ว 32223 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

คุณสมบัติของนักเรียน		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	17	45.9
	หญิง	20	54.1
เกรดเฉลี่ยสะสมในปีการศึกษาที่ผ่านมา	0.00 – 2.00	0	0
	2.01 – 3.00	8	21.6
	3.01 – 4.00	29	78.4
เกรดเฉลี่ยวิชาเคมีในปีการศึกษาที่ผ่านมา	0.00 – 2.00	1	2.7
	2.01 – 3.00	10	27.0
	3.01 – 4.00	26	70.3

ห้องเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นห้องปฏิบัติการเคมี (49105) ภายในห้องมีโต๊ะสำหรับครูผู้สอน และโต๊ะเรียนจัดเป็นแถวยาว 4 แถวๆ ละ 10 คนนั่งหันหน้าเข้าหากัน นอกจากนี้ยังมีเครื่องเสียง เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์ มีโต๊ะสาธิตการทดลอง รวมถึงมีอ่างที่ใช้สำหรับล้างอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย ดังรายละเอียดในภาพที่ 9 สำหรับอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสารเคมี มีจำนวนและปริมาณที่เพียงพอในการใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนทุกชั้นเรียน เนื่องจากมีการสั่งซื้ออุปกรณ์และสารเคมีสำหรับห้องปฏิบัติการเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา ดาราศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยงบประมาณสนับสนุนของโรงเรียนในทุกๆ ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 แผนผังแสดงห้องเรียนและห้องปฏิบัติการเคมี ห้อง 49105

2. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ในการตอบคำถามการวิจัยเกี่ยวกับแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไร ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังการสอน การสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนมาวิเคราะห์ แล้วสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ในแต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model production)

ขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิดครูเน้นให้นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นแสดงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้วิธีการถามคำถาม สาธิตการทดลอง หรือการสร้างสถานการณ์ ดังรายละเอียดข้อค้นพบต่อไปนี้

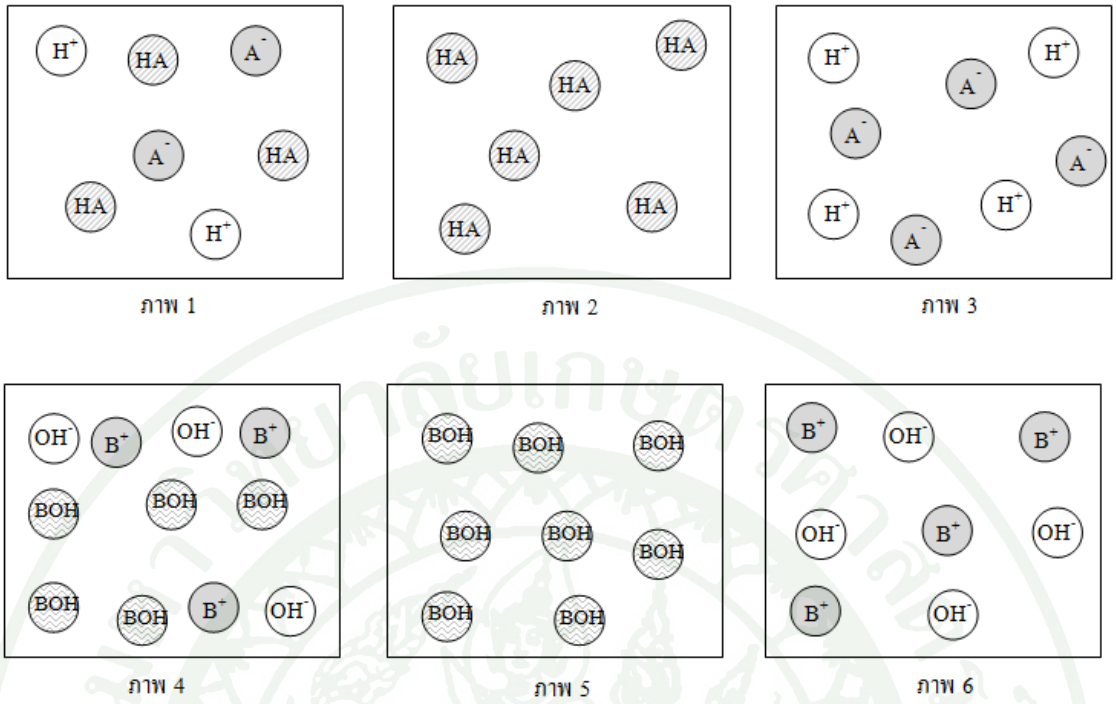
1) การใช้คำถามเพื่อหาความรู้เดิมที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิด ผู้วิจัยใช้คำถามที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและเชื่อมโยงกับความคิดของตนเอง และลักษณะของคำถามเป็นคำถามปลายเปิดที่ให้โอกาสนักเรียนได้คิดตามและอภิปรายตลอดเวลา เช่น ถามว่า “...คืออะไร” “เพราะเหตุใด...” หรือ “ทำไม...” เป็นต้น ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หาความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้คำถาม เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สมบัติของสารละลายกรดและเบส ครูใช้คำถามถามนักเรียนว่า “เมื่อนึกถึงกรดและเบส นักเรียนจะนึกถึงอะไร” ซึ่งคำตอบที่ได้จะมีความหลากหลาย มีคำตอบที่เป็นแบบจำลองทางความคิดที่เป็นสารในชีวิตประจำวัน เช่น เมื่อพูดถึงกรด จะนึกถึงมะนาว น้ำส้มสายชู เมื่อพูดถึงเบสจะนึกถึงสบู่ ผงฟู หรือเป็นแบบจำลองที่เป็นสถานการณ์ เช่น กรด นึกถึง เปรี้ยว อันตราย กัดผิว กัดกร่อน สาดน้ำกรด ทำปฏิกิริยากับโลหะ เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง ให้ประจุบวก เมื่อพูดถึงเบส นึกถึง ฝาด ขม ลื่น เป็นต้น นอกจากนี้ ผู้วิจัยมีการอธิบายและถามคำถามอยู่เสมอว่า ในระดับโมเลกุล ระดับอะตอมและระดับอนุภาค สารทั้ง 3 ชนิด อยู่กันอย่างไร เช่น จับกันเป็นโมเลกุล หรือแยกกัน หรืออื่นๆ ให้นักเรียนลองจินตนาการระดับจุลภาคและให้เวลาแก่นักเรียนในการคิดหาคำตอบและสร้างแบบจำลองทางความคิด

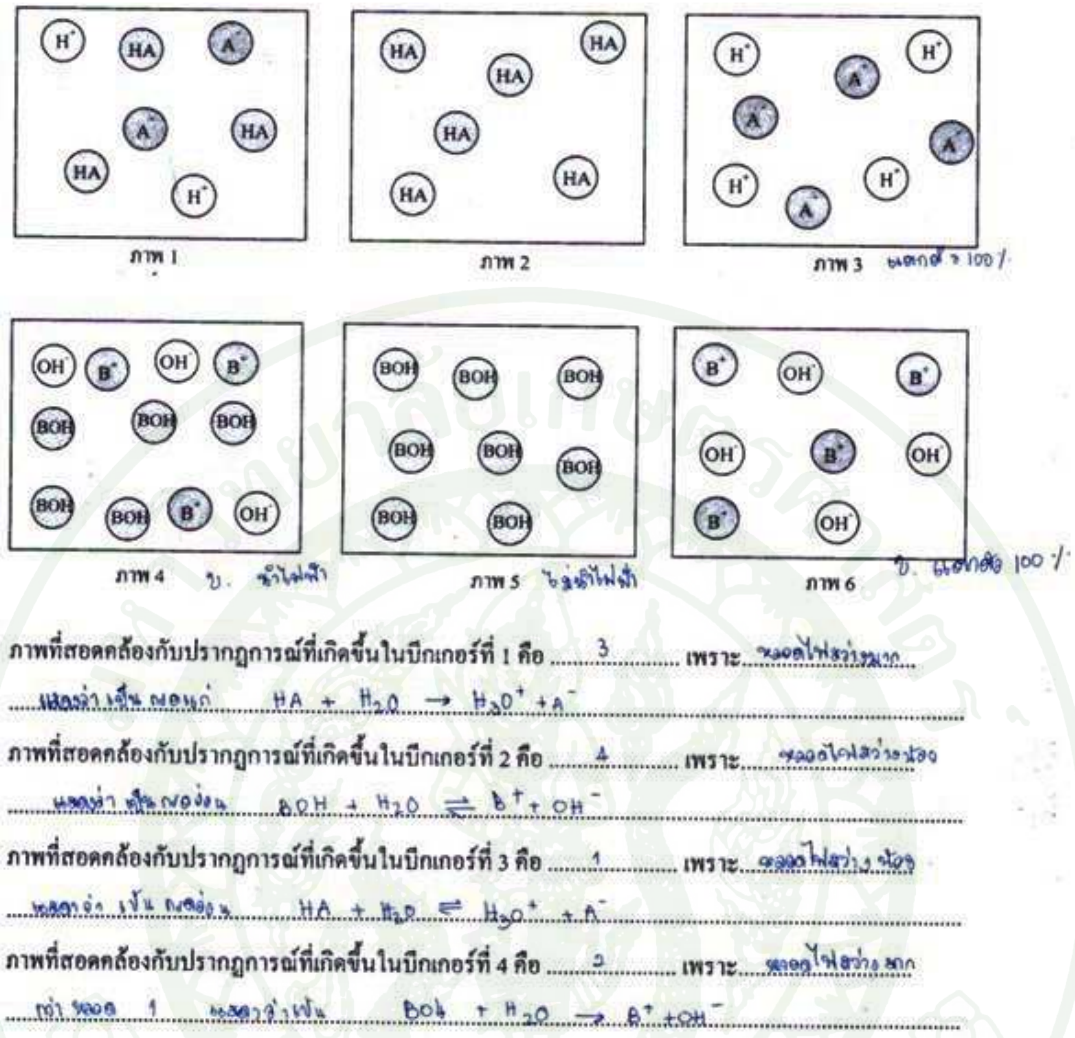
2) การหาความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสาธิตการทดลอง ผู้วิจัยสาธิตการทดลองแสดงปรากฏการณ์ต่างๆ จากนั้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ โดยในระยะแรกผู้วิจัยกำหนดภาพที่แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการสาธิตการทดลองง่ายๆ ในระดับอนุภาค แล้วให้นักเรียนเลือกภาพและให้อธิบายเหตุผลประกอบ จากนั้นในแผนต่อๆ ไปจึงให้นักเรียนวาดภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเองเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรด-เบส โดยกิจกรรมการสาธิตการทดลองโดยจุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในสารละลาย 4 ชนิดที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์หมายเลข 1–4 (หมายเลข 1: กรดแก่ 2: เบสแก่ 3: กรดอ่อน และ 4: เบสอ่อน) โดยผู้วิจัยระบุว่าสารทั้ง 4 ชนิดมีสมบัติความเป็นกรด–เบสมากน้อยแตกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น (สารละลายในบีกเกอร์ หมายเลข 1 และ 2 จะให้ความสว่างมากกว่าสารละลายในบีกเกอร์หมายเลข 3 และ 4) ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ทั้ง 4 โดยเลือกภาพดังแสดงในภาพที่ 10 ให้เหมาะสมกับสิ่งที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ลงในใบกิจกรรมในภาพที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์จากการสาธิตการทดลองเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 คำตอบของนักเรียนแสดงปรากฏการณ์จากการสาธิตการทดลองเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส

ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ผู้วิจัยสาธิตการทดลองโดยการแบ่งสารละลายตัวอย่าง A (ฟีนอลเรด เปลี่ยนสีช่วง pH 6.8 – 8.4 เหลือง – แดง) ลงในหลอดทดลองที่ 1, 2 และ 3 จากนั้นหยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ลงในหลอดที่ 1 หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลงในหลอดที่ 2 และน้ำกลั่นลงในหลอดที่ 3 ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลง โดยถามว่า “นักเรียนจะอธิบายผลการสังเกตได้อย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่ม 4 – 5 คน เพื่อร่วมกันอภิปรายและสร้างแบบจำลองอธิบายผลการสังเกต

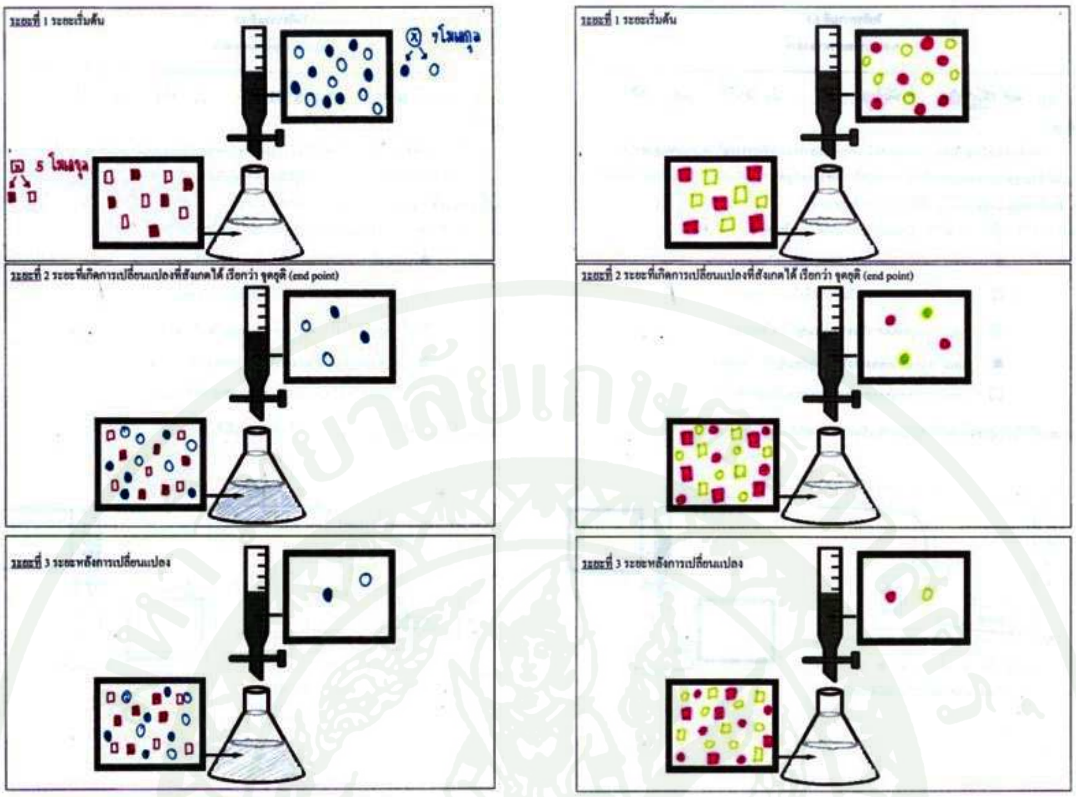
3) ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้น ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยทำเป็นกลุ่มหรือเป็นคู่ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และกับครูผู้สอน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นักเรียนทุกกลุ่มและทุกคนจะต้องร่วมกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำกิจกรรมแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามในใบกิจกรรม เช่น แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ผู้วิจัยให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่ม 4 – 5 คน จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างแบบจำลองอธิบายผลการสังเกต โดยนำลูกปัดสีต่างๆ ซึ่งติดหมุดไว้ไปติดลงในรูปบีกเกอร์ในช่วงสารละลายที่เป็นกรด กลาง เบส ว่ามีไอออนใดอยู่ในสารละลายบ้าง และจะให้ลูกปัดแต่ละสีแทนไอออนใดบ้าง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้เวลาและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตนเอง เพื่อนักเรียนจะได้เรียนรู้กระบวนการในการได้มาของแบบจำลองและข้อจำกัดของแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างด้วยตนเอง เพราะนักเรียนจะได้ดำเนินตามกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ขึ้นมา ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ และจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์มากขึ้นด้วยและจากการสอบถามนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในเรื่องกรด–เบส มาจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน จากหนังสือเรียน และสื่อต่างๆ เป็นต้น

4) การสร้างสถานการณ์แล้วให้นักเรียนวาดภาพที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค โดยต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์แทนอนุภาค เช่น แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8 การไทเทรตกรด–เบส โดยให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองสารที่บรรจุในบิวเรตต์และในขวดรูปชมพู่ ดังแสดงในภาพที่ 12 โดยต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์แทนอนุภาคของสารทั้ง 2 ชนิดที่นำมาไทเทรตว่า ⊗ แทน โมเลกุลของสารในบิวเรตต์ (โมลโมเลกุล), ● แทน ไอออนบวกของสารในบิวเรตต์ (โมลไอออน), ○ แทน ไอออนลบของสารในบิวเรตต์ (โมลไอออน), ☒ แทน โมเลกุลของสารในขวดรูปชมพู่ (โมลโมเลกุล), ■ แทน ไอออนบวกของสารในขวดรูปชมพู่ (โมลไอออน) และ ☐ แทน ไอออนลบของสารในขวดรูปชมพู่ (โมลไอออน) โดยสมมติให้สารทั้งสองเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่และทำปฏิกิริยากันด้วยอัตราส่วนโมล 1 : 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ภาพวาดสัญลักษณ์ของนักเรียนแสดงปรากฏการณ์แต่ละระยะของการไทเทรตสารละลายกรด-เบส

5) เน้นกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่หลากหลายโดยครูต้องเตรียมอุปกรณ์สำหรับการสร้างแบบจำลองให้หลากหลาย เช่น ปากกาหลากสี ลูกปัด ดินน้ำมัน กระดาษ เป็นต้น และต้องให้อิสระแก่นักเรียนในการเลือกใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยต้องคอยดูแลและควบคุมการใช้อุปกรณ์ตลอดช่วงเวลาของการทำกิจกรรมของนักเรียน ดังนั้น จึงทำให้สามารถสร้างแบบจำลองได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างภาพวาด (เช่น ภาพแสดงผลการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดและเบส ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทฤษฎีกรด–เบส) ภาษา (เช่น เมื่อพูดถึงกรด นักเรียนจะนึกถึง ความเปรี้ยว การกัดกร่อน หรือมะนาว เป็นต้น) สัญลักษณ์ (เช่น เขียนสมการทางเคมีแสดงการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้เป็น กรด + เบส → เกลือ + น้ำ) หรือสิ่งของ (เช่น ใช้ลูกปัดหลากสีแสดงการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายกรดและเบส ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 อินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส) ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้สร้างขึ้นตามความคิดของตน เพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติโดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูล แล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง และแสดงออกแบบจำลอง หรือบางครั้งผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายและสร้างแบบจำลองที่ชัดเจนเพิ่มเติมและให้แปลงแบบจำลองที่เป็นภาษาให้เป็นรูปภาพ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทฤษฎีกรด–เบส ผู้วิจัยให้เขียนสูตรโมเลกุลจากชื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารที่ให้มา จึงทำให้เห็นข้อสังเกตได้ง่ายขึ้นว่า สารที่เป็นกรดจะมี H เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารที่เป็นเบสจะมี OH เป็นองค์ประกอบหลัก ถึงแม้ว่า CH_3COOH และ HCOOH จะมี OH เป็นองค์ประกอบ แต่สามารถระบุว่าสารทั้งสองเป็นกรดเพราะจำได้จากที่เคยเรียนมา

การทำกิจกรรมในขั้นสร้างแบบจำลองนี้ทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนเคยทราบเกี่ยวกับกรด–เบส และได้กระตุ้นความสนใจในการเรียนมากขึ้น ดังตัวอย่างการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนที่ระบุว่า

“ได้วิเคราะห์และใช้ความรู้พื้นฐานในเรื่องกรด-เบสที่เคยเรียนมาตอนม.ต้น และได้สร้างแบบจำลองโมเลกุลของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์โดยการวาดภาพ เพราะหนูชอบวาดรูปมากค่ะ” (st-419 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

“ได้ทบทวนทฤษฎีของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิสว่ามีความแตกต่างกัน หรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และได้สร้างสมการเคมีเพื่อศึกษาว่าสารชนิดใดเป็นคู่กรด คู่เบสของกันและกัน” (st-429 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

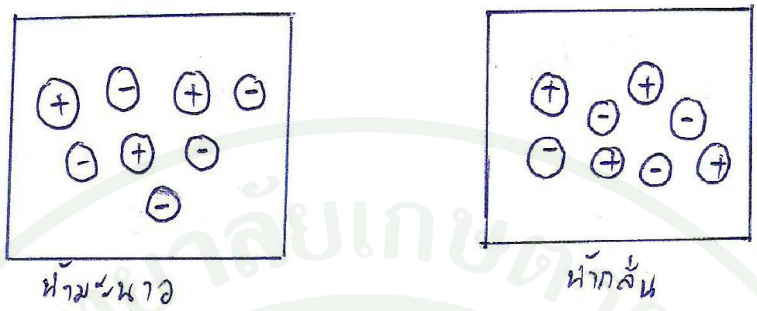
ขั้นที่ 2 แสดงออกแบบจำลอง (Model expression)

ควรให้อิสระแก่นักเรียนในการนำเสนอแบบจำลองด้วยการวาดภาพบนกระดานหรือกระดาษปรู๊ฟ การใช้ลักษณะท่าทางในการอธิบายแบบจำลองทางความคิด การเขียนคำอธิบายหรือการใช้คำพูดเป็นต้น และเน้นการแสดงออกแบบจำลองด้วยสิ่งของ นอกจากนี้ควรจะใช้คำถามเพื่อหาเหตุผลด้วยคำถามว่า “ทำไมนักเรียนจึงแสดงแบบจำลองทางความคิดเช่นนั้น” และให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น และใช้คำถามให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองและนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาต่อไป ดังรายละเอียดข้อค้นพบต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยให้เวลาแก่นักเรียนในการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มและใช้คำถามเพื่อหาเหตุผลด้วยคำถามว่า “ทำไมนักเรียนจึงแสดงแบบจำลองทางความคิดเช่นนั้น” และให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งในช่วงแรกๆ ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนยังไม่กล้าแสดงออกเพราะไม่แน่ใจว่าแบบจำลองที่ตนสร้างถูกต้องหรือไม่ ผู้วิจัยจึงสุ่มให้นักเรียนบางกลุ่มนำเสนอโดยส่งตัวแทนในการแสดงแบบจำลอง พบว่า นักเรียนคนแรกพูดเพื่ออธิบายแบบจำลองที่เป็นตัวแทนกลุ่มไม่ค่อยได้ ผู้วิจัยจึงแนะนำว่า ให้บอกว่าวาดรูปเป็นอย่างไร และทำไมจึงวาดออกมาเป็นอย่างนั้น และคนต่อๆ ไปสามารถอธิบายได้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เมื่อให้อธิบายแบบจำลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นักเรียนจะแสดงภาพที่วาดแล้วใช้คำพูดในการอธิบาย ซึ่งจะได้คำอธิบายแบบจำลอง เช่น



ภาพที่ 13 ภาพวาดของนักเรียนแสดงแบบจำลองการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

“นำไฟฟ้าได้ โดยมีโปรตอนเป็นประจุบวก และอิเล็กตรอนแยกจากกัน แต่การนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอิเล็กตรอนเท่านั้น เพราะโปรตอนของ H^+ เป็นเพียงประจุสมมติ”

นักเรียนบางคนรู้ว่าเรียนเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เนื่องจากดูในหนังสือ จึงตอบว่า “การนำไฟฟ้าขึ้นกับอิเล็กตรอนอย่างเดียว เพราะคำว่า อิเล็กโทรไลต์ มาจากคำว่า อิเล็กตรอน จึงน่าจะเป็นตัวหลักในการนำไฟฟ้า”

2) จัดให้มีการอภิปรายและการนำเสนอแบบจำลองต่างๆ ของกลุ่มและใช้คำถามหลังจากการนำเสนอว่า “นักเรียนคิดอย่างไรกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย เห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด” ซึ่งหลังจากนักเรียนนำเสนอและอธิบายแบบจำลองทางความคิดของตนเองหรือของกลุ่มให้เพื่อนในชั้นเรียนฟังแล้ว ผู้วิจัยใช้คำถามดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การอภิปราย ซึ่งจากคำถามจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและเชื่อมโยงกับความคิดของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดในขั้นปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดได้ดีขึ้น และการถามคำถามในลักษณะดังกล่าวยังสามารถช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนให้มีความน่าสนใจมากขึ้น เช่น การอภิปราย การแสดงความคิดเห็นต่างๆ เป็นต้น

3) ผู้วิจัยจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกแบบจำลองด้วยวิธีการต่างๆ และต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น เช่น ลูกปัด ดินน้ำมัน ปากกาเคมีสีต่างๆ ปากกาไวท์บอร์ด กระดาษปรู๊ฟ เป็นต้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นแสดงออกแบบจำลองทางความคิดนั้น ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกแบบจำลองด้วยวิธีการต่างๆและบางกิจกรรมให้อิสระแก่นักเรียนในการนำเสนอแบบจำลอง ตัวอย่างเช่น การวาดภาพบนกระดานหรือกระดาษปรู๊ฟ (เช่น กลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ 1 นำเสนอแบบจำลองคู่กรด–เบส) การใช้ลักษณะท่าทางในการอธิบายแบบจำลองทางความคิด (เช่น กลุ่มที่ 2 นำเสนอแบบจำลองการให้ H^+ ของกรดแก่เบส โดยนักเรียนคนหนึ่งสมมติเป็น H^+ วิ่งไปมา) การเขียนคำอธิบายหรือการใช้คำพูด (กลุ่มสเปกตรัม นำเสนอแบบจำลองภาพการนำไฟฟ้าของน้ำมะนาวเปรียบเทียบกับน้ำเงาะและใช้คำพูดในการอธิบาย) เป็นต้น หรือการแสดงออกแบบจำลองด้วยสิ่งของ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรด-เบส โดยใช้ลูกปัดสีน้ำเงินและสีแดงแทนปริมาณ OH^- และ H_3O^+ ในสารละลายที่เป็นกรด กลาง และเบส พบว่า ในช่วงแรกๆ นักเรียนจะค่อนข้างงงๆ ว่า H_3O^+ และ OH^- ในสารละลายมาจากไหน จะใช้ลูกปัดแสดงปริมาณของไอออนทั้งสองได้อย่างไร ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมโดยให้วาดรูปแสดงโมเลกุลในสารละลาย และแสดงการแตกตัว จึงทำให้เห็นว่าไอออนต่างๆ มาจากไหน จากนั้นนักเรียนจึงสามารถใช้ลูกปัดแสดงปริมาณไอออนทั้งสองได้ แต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายได้มากนัก

4) ผู้วิจัยให้เวลาแก่นักเรียนในการนำเสนอและพยายามจัดสรรเวลาเพื่อให้ทุกกลุ่มได้นำเสนอหน้าชั้นเรียน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองของกลุ่มต่างๆ ผู้วิจัยพบว่าการนำเสนอแบบจำลองและให้นักเรียนได้บันทึกทึกจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองของกลุ่มต่างๆ จะทำให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มตนเองกับกลุ่มของเพื่อน เพราะแบบจำลองของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน นักเรียนจึงเห็นจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองที่จะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาต่อไป จากการทำกิจกรรมในลักษณะนี้ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด–เบสมากขึ้น และทำให้นักเรียนสนใจเรียนมากขึ้น ดังตัวอย่างการเขียนอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนที่สะท้อนว่า

“....ได้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่มและต้องเสนอแบบจำลองหรือผลการทดลองหน้าชั้นเรียน ทำให้เห็นแบบจำลองของกลุ่มอื่นๆ ที่ไม่เหมือนกับเรา บางกลุ่มทำได้ดีและอธิบายเข้าใจ แต่บางกลุ่มอธิบายไม่ค่อยเข้าใจ”

“ได้ลงมือทำแบบจำลองการไทเทรตกรด–เบสตามที่ช่วยกันคิด แต่ไม่ค่อยแน่ใจว่าทำถูกหรือไม่ พออาจารย์บอกว่าให้ลองทำ และได้ดูเพื่อนนำเสนอก็เข้าใจมากขึ้น เพราะบางกลุ่มระบายสีภาพสวยงาม เห็นชัดเจน”

ขั้นที่ 3 ทดสอบแบบจำลอง (Model testing)

ขั้นทดสอบแบบจำลอง จะเน้นการทดสอบแบบจำลองผ่านกิจกรรมการทดลองที่เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นในระดับมหภาค สามารถสังเกตได้ โดยนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบและวาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการทดลองกันภายในกลุ่ม ในช่วงแรกๆ ของการทำกิจกรรม ผู้วิจัยต้องคอยชี้แนะให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดให้ชัดเจนก่อน แล้วใช้คำถามให้นักเรียนหาวิธีการทดสอบตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น ควรมีการจัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยในการจัดกิจกรรม ส่วนใหญ่ผู้วิจัยได้จัดให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มๆ ละ 6 – 7 คน และครูควรใช้คำถามถามนักเรียนอยู่ตลอดเวลาว่า “ผลการทดสอบเป็นไปตามแบบจำลองที่สร้างขึ้นในตอนต้นหรือไม่ อย่างไร” เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายกันภายในชั้นเรียน ดังรายละเอียดข้อค้นพบต่อไปนี้

1) ในช่วงแรกๆ ของการทำกิจกรรม ผู้วิจัยต้องคอยชี้แนะให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดให้ชัดเจนก่อน แล้วใช้คำถามให้นักเรียนหาวิธีการทดสอบตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งนักเรียนออกแบบและอธิบายวิธีการทดลองได้ดีขึ้น โดยใช้เวลาในการทดลองประมาณ 20 – 30 นาที และเน้นให้เวลาแก่นักเรียนในการซักถามข้อสงสัยกับครูผู้สอน จะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทดลองมากขึ้น

2) ควรมีการจัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยในการจัดกิจกรรมส่วนใหญ่ผู้วิจัยได้จัดให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มๆ ละ 6 – 7 คน ซึ่งกิจกรรมจะเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและปฏิบัติกันทุกคน โดยให้นักเรียนกำหนดหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้ชัดเจน จากการทำกิจกรรมกลุ่มทำให้นักเรียนสนุกสนานและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มและกับครูผู้สอน นักเรียนแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันกับเพื่อนในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น เพราะในบางครั้งเมื่อเพื่อนอธิบายจะทำให้เข้าใจมากกว่าที่ครูอธิบาย ด้วยวัยและภาษาที่เข้าใจกัน ซึ่งในกิจกรรมทุกแผนการเรียนรู้จะเน้นให้นักเรียนทดสอบแบบจำลอง คิดค้น แก้ปัญหาหรือทำการทดลองกันเป็นกลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันทำกิจกรรม ทุกคนจะมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ร่วมกันแก้ปัญหา ร่วมกันแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างมาเป็นข้อมูล เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ปฏิกิริยาของสารละลายกรดและเบส เมื่อให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและแยกย้ายกันออกแบบการทดลองลงในใบกิจกรรมเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกับสารละลายเบส ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด และการวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ผู้วิจัยต้องเน้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันทำกิจกรรมและกำหนดให้นักเรียนในกลุ่มแบ่งกันทำหน้าที่ให้ชัดเจน โดยแบ่งหน้าที่ในการเตรียมอุปกรณ์หรือสารเคมี ลงมือทำการทดลอง สังเกตผลและบันทึกผลการทดลอง นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีหัวหน้ากลุ่มคอยควบคุมการทำงานของเพื่อนๆ ทำให้ในขั้นของการอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนในกลุ่มจะพยายามหาเหตุผลและหลักการที่เกิดขึ้นจากผลการทดลองได้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ผู้วิจัยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเลือกใช้สารเคมีที่เหมาะสมในการทดสอบแบบจำลองที่วางไว้ โดยกำหนดเวลาในการทดสอบแบบจำลองที่แน่นอนอย่างน้อย 15 – 30 นาที ตามความเหมาะสมของแต่ละกิจกรรม ซึ่งระหว่างการทำกิจกรรม ผู้วิจัยต้องคอยติดตามหรือเดินเข้าไปหานักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อดึงความสนใจแก่นักเรียนในการทำกิจกรรมตลอดเวลาและให้ข้อสังเกตแก่นักเรียนในการทำกิจกรรมเมื่อพบว่าการทดสอบของนักเรียนยังมีข้อผิดพลาด เช่น แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ นักเรียนบางกลุ่มสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับสารละลายที่สามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย โดยสร้างแบบจำลองของสารละลายบัฟเฟอร์ของเบสแก่กับเกลือของเบสอ่อน ทำให้ผลการทดสอบแบบจำลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ผู้วิจัยจึงให้ข้อสังเกตโดยให้นักเรียนเขียนสมการแสดงกลไกการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แล้วออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบใหม่ นอกจากนี้ ยังเน้นให้นักเรียนร่วมมือกันออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นว่าถูกต้องหรือไม่ โดยบางกลุ่มที่ทำแล้วผลปรากฏว่าไม่เป็นไปตามแบบจำลอง ผู้วิจัยต้องพยายามให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใหม่และลงมือทำการทดลองเพื่อพิสูจน์แบบจำลองว่าเหมาะสมหรือไม่ และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการลงมือทำการทดลอง เมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมนักเรียนจะตอบว่า “ผมชอบทำการทดลองมากกว่านั่งฟังเฉยๆ เพราะเวลาทดลองทำให้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจริง นำไปสู่การอธิบายปฏิกิริยาต่างๆ ได้ดีและชัดเจนขึ้นเพราะเรามีหลักฐานที่ได้จากผลการทดลอง” นอกจากนี้ครูยังเน้นให้นักเรียนบันทึกการทดลองจากสิ่งที่สังเกตได้จริงๆ แม้ว่าบางครั้งผลการทดลองอาจจะไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่เราคาดไว้ แต่ให้เราอภิปรายผลการทดลองอย่างมีหลักการและทฤษฎีมาสนับสนุนมากขึ้น

4) ผู้วิจัยใช้คำถามถามนักเรียนอยู่ตลอดเวลาว่า “ผลการทดสอบเป็นไปตามแบบจำลองที่สร้างขึ้นในตอนต้นหรือไม่ อย่างไร” เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายกันภายในชั้นเรียน ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน หรือนักเรียนกับครู เพื่อให้นักเรียนได้ทดสอบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหรือของกลุ่มตนเองและได้ข้อค้นพบที่ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ตัวอย่างเช่น การจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 ทฤษฎีกรด–เบส เมื่อนักเรียนพบว่า สารละลายบางชนิดไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตนตั้งไว้ ก็จะซักถามครู (ผู้วิจัย) ทันที แต่ผู้วิจัยจะแนะนำให้นักเรียนลองแก้ปัญหาและหาสาเหตุด้วยตนเอง จนพบว่าสารละลายบางชนิดให้ผลการทดลองผิดพลาด เนื่องจากมีการปนเปื้อน จึงมีการทำซ้ำอีกครั้ง และมีการระมัดระวังมากขึ้น หรือ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ นักเรียนบางกลุ่มพบว่า สารละลาย CH_3COOH NaCl และ KNO_3 ไม่ทำให้หลอดไฟสว่าง ซึ่งนักเรียนจะเกิดข้อสงสัย ผู้วิจัยจึงถามต่อว่า แล้วเราจะมีวิธีทดสอบการนำไฟฟ้าได้ด้วยวิธีอื่นอีกหรือไม่ นักเรียนจึงสังเกตอุปกรณ์ในห้อง และตอบว่าให้ลองทดสอบด้วยแอมมิเตอร์ (ชนิดไมโครแอมแปร์) ที่ครูใช้สาธิตในตอนแรกดู ซึ่งผลการทดลองพบว่า สารทั้ง 3 นำไฟฟ้าได้จริงตามสมมติฐานที่ตนตั้งไว้ เพราะเข็มแอมมิเตอร์เบนจากเลขศูนย์ ผู้วิจัยจึงถามสาเหตุที่ทำให้เกิดผลผิดพลาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในตอนแรก นักเรียนตอบว่าอาจเป็นเพราะสารละลายเหล่านี้มีความเข้มข้นน้อย หรือมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้น้อย

5) ผู้วิจัยกำหนดเวลาว่างนอกเหนือจากเวลาเรียนในการฝึกฝนทักษะความชำนาญแก่นักเรียนในการใช้อุปกรณ์การทดลองบางอย่าง เช่น ปิเปตต์หรือบิวเรตต์ และมีการสอบเก็บคะแนนเพิ่มเติม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ต่างๆ ก่อนที่จะนำมาใช้ในกิจกรรมเพื่อให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งาน เช่น เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า และกำหนดเวลาว่างในการสอนวิธีใช้อุปกรณ์บางอย่างที่นักเรียนยังไม่เคยใช้มาก่อน เช่น ปิเปตต์หรือบิวเรตต์ และให้นักเรียนฝึกฝนจนเกิดความชำนาญโดยมีการกำหนดสอบเก็บคะแนนในด้านทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกทักษะการปิเปตต์และการไทเทรตสารนอกเวลา พร้อมทั้งมีการสอบเก็บคะแนนเพื่อให้นักเรียนมีความตั้งใจในการฝึกฝนมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนตระหนักและให้ความสำคัญในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากถ้านักเรียนไม่ได้ระมัดระวังและขาดทักษะการใช้เครื่องมือ อาจส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

6) ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนในการทำกิจกรรมขั้นทดสอบแบบจำลองโดยเน้นให้นักเรียนแสดงความรู้สึก เช่น เมื่อผู้วิจัยถามว่านักเรียนชอบการจัดกิจกรรมแบบนี้หรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่าชอบ เพราะได้ลงมือทำการทดลอง และค้นหาคำตอบเอง เพราะการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียน ฝึกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ทั้งยังทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นทฤษฎีกับปฏิบัติได้เข้าใจมากขึ้น ซึ่งถ้าเป็นการบรรยายเพียงอย่างเดียวจะทำให้รู้สึกเบื่อมาก ดังความเห็นของนักเรียน ดังนี้

“การเรียนการสอนพร้อมกับได้ทำการทดลอง ทำให้เรียนสนุก และเข้าใจมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นทฤษฎีกับปฏิบัติได้ เพราะบางครั้งการอ่านหนังสือ ไม่ได้ช่วยให้เราเห็นภาพ ดังนั้นเมื่อทำการทดลองทำให้เราได้เห็นภาพและเข้าใจการทดลองนั้นๆ” (st – 401 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

“ได้ฝึกการทดลอง สนุกมากค่ะ โดยส่วนตัวหนูไม่มีความชำนาญในเรื่องของการใช้ pipet ได้ทักษะในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ขอบคุณอาจารย์มากค่ะ” (st – 430 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

“ทำการทดลองเพื่อหาสมบัติของกรด–เบส ได้ลองสร้างแบบจำลองของกรด–เบส และได้ทดสอบการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส” (st – 405 อนุทินวันที่ 3 สิงหาคม 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“ได้ทดลองการทำปฏิกิริยาของสารละลาย $NaHCO_3$ กับ HCl และ $Ca(OH)_2$ ทำให้ทราบเกี่ยวกับสาร Amphiprotic มากขึ้น และได้พิจารณาเกี่ยวกับสารที่เป็นคู่กรด คู่เบสต่างๆ ได้มากขึ้น และพบว่าเป็นเรื่องง่ายมากในการพิจารณา” (st – 425 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

“วิเคราะห์และใช้ความรู้พื้นฐานในเรื่องกรด–เบส และสร้างแบบจำลองโมเลกุลของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์” (st – 420 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

“จากการที่ได้ทำกิจกรรมเพื่อหาคำตอบเป็นสิ่งที่ดีและได้เป็นคนลงมือปฏิบัติการทดลองเองเพื่อทดสอบสารที่กำลังศึกษาอยู่ เพื่อให้ได้ตรงตามทฤษฎี และจดบันทึกผลตามที่ได้จากการทดลอง” (st – 431 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

“ทำโจทย์ร่วมกัน และหาข้อสรุปของโจทย์ข้อนั้นๆ โดยใช้สิ่งที่อาจารย์สอน และในเรื่องของการไทเทรตได้มีการคำนวณเพื่อหาปริมาณ โดยใช้สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$” (st – 430 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

นอกจากนี้นักเรียนยังได้สะท้อนสิ่งที่ได้ทำเพื่อหาคำตอบในการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนอาศัยความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเพื่อต่อยอดความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการเรียนรู้ รวมทั้งใช้วิธีการทดลองเพื่อศึกษาความรู้ใหม่ สร้างแบบจำลองโมเลกุลของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ รวมทั้งการสร้างสมการเคมีเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น การทำโจทย์และอภิปรายร่วมกัน

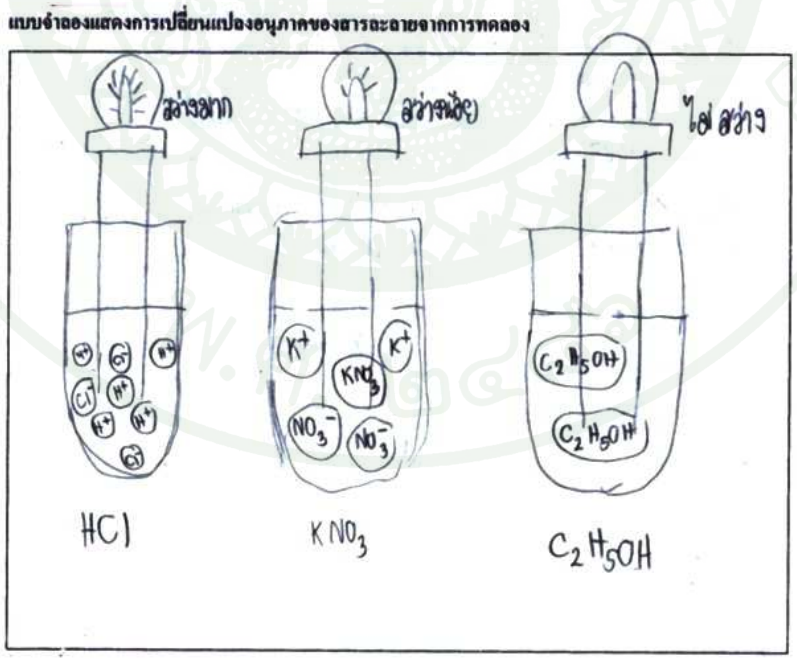
ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลองทางความคิด (Model evaluation)

ขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่เน้นการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายในการประเมินแบบจำลองว่าใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ และมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยเน้นการใช้สื่อที่เชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เช่น รูปภาพ แบบจำลอง คลิปวีดิโอที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค ภาพแอนนิเมชั่น การทดลอง เป็นต้น เมื่อได้ทดสอบแบบจำลองแล้วพบว่าอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดี นักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองในทันที โดยในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมขั้นประเมินแบบจำลอง ครูต้องเป็นหลักในการให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลอง และใช้คำถามว่า “ถ้านักเรียนมีตาวิเศษที่สามารถมองเห็นในระดับอนุภาค นักเรียนคิดว่าจะเห็นอะไรในระดับอนุภาค” และเน้นให้มีการอภิปรายเพื่อประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเป็นระยะ โดยการใช้คำถามว่า “แบบจำลองของนักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ และยังมีข้อจำกัดใดอีกบ้างที่ต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับปรุง” นอกจากนี้ ต้องมีการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา ซึ่งแนวคิดเรื่องกรด–เบสมีแนวคิดพื้นฐานต่างๆ เช่น ปริมาณสารสัมพันธ์ พันธะเคมี สมดุลเคมี และแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสาร เพราะมีความจำเป็นมากต่อการประเมินเพื่อปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดข้อค้นพบต่อไปนี้

1) ในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมขั้นประเมินแบบจำลอง ผู้วิจัยต้องเป็นหลักในการให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลอง โดยการใช้คำถามถามนักเรียนว่า “ถ้านักเรียนมีตาวิเศษที่สามารถมองเห็นในระดับอนุภาค นักเรียนคิดว่าจะเห็นอะไรในระดับอนุภาค” เพราะด้วยเวลาที่จำกัดนักเรียนอาจจะยังคิดไม่ออกว่าจะต้องปรับปรุงส่วนไหนหรือปรับปรุงอย่างไร เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรดและเบสที่แตกต่างกัน 3 ชนิด นักเรียนจะแสดงแบบจำลองเฉพาะส่วนที่เป็นปรากฏการณ์ที่สังเกตได้เท่านั้น เช่น ระดับความสว่างของหลอดไฟ ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่าแปรผันตรงกับความสามารถในการนำไฟฟ้าของสาร จึงต้องมีการอภิปรายเพิ่มขึ้นด้วยการใช้คำถามว่า “ถ้านักเรียนมีตาวิเศษที่สามารถมองเห็นในระดับอนุภาค นักเรียนคิดว่าจะเห็นอะไรในสารละลายทั้ง 3 ชนิดนี้” จากคำถามช่วยให้นักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองที่สามารถเชื่อมโยงจนถึงระดับอนุภาคและสัญลักษณ์ ซึ่งเมื่อให้เวลาได้ทบทวน นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น ดังตัวอย่างภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แบบจำลองทางความคิดระดับอนุภาคของนักเรียนแสดงสารละลายที่ให้ระดับความสว่างของหลอดไฟแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ผู้วิจัยมักจะใช้คำถามว่า “แบบจำลองของนักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ และยังมีข้อจำกัดใดอีกบ้างที่ต้องปรับปรุง” จากนั้นจะให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสและให้เวลาแก่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนการอธิบายโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเกี่ยวกับผลการศึกษาของตนเองกับผู้อื่นพร้อมทั้งแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่นเพื่อนักเรียนจะได้ประเมินตนเอง ตรวจสอบความรู้เดิมที่เป็นแบบจำลองกับแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ ตัวอย่างเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นได้จากผลการทดลองที่กลุ่มออกแบบเพื่อทดสอบแบบจำลอง จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าทำไมแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 (สร้างแบบจำลองของสารละลายผสมกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน) จึงถูกต้อง ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายได้ดีขึ้นและสามารถเชื่อมโยงไปถึงกรณีสารละลายบัฟเฟอร์ของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนได้ ซึ่งโอกาสนี้ผู้วิจัยใช้คำถามในการประเมินร่วมด้วยว่า “แบบจำลองของนักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ และยังมีข้อจำกัดใดอีกบ้างที่ต้องปรับปรุง” ในระหว่างนี้ผู้วิจัยได้สังเกตและจดบันทึกการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน หากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องให้นักเรียนแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองใหม่เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น เช่น ผู้วิจัยให้นักเรียนสังเกตภาพแสดงสมบัติของสาร หากพบว่า นักเรียนสามารถแยกภาพที่แสดงสมบัติของกรดและเบสได้ถูกต้องลงในแผนผังแนวคิด โดยเมื่อเห็นภาพการกัดกร่อน นักเรียนส่วนใหญ่ระบุว่าเป็นสมบัติของกรด และมีเพียง 1 คนเท่านั้นที่ระบุว่าเป็นสมบัติของทั้งกรดและเบส โดยครูจะต้องให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของการตอบของนักเรียนให้เพื่อนในห้องฟัง

3) ผู้วิจัยเน้นให้มีการอภิปรายเพื่อประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเป็นระยะ ซึ่งครูต้องมีบทบาทในการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองที่ปรับปรุงว่าอธิบายได้ดีขึ้นหรือไม่ อย่างไร อีกทั้งต้องเน้นให้นักเรียนเห็นข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองทุกชนิดทั้งที่เป็นภาพวาด แบบจำลองกระดาษ อุปมาอุปไมย หรือแม้แต่คำพูดหรือคำอธิบายต่างก็มีข้อจำกัดหรือไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย นั่นคือเนื่องจากแบบจำลองต่างๆ ที่สร้างขึ้นมาก็เพื่อใช้เป็นตัวแทนหรืออธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษาเท่านั้น หลังจากได้ประเมินแบบจำลองทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องมากขึ้น เช่น จากขั้นการประเมินแบบจำลองทางความคิดเรื่องคู่กรด–เบสในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เมื่อให้จับคู่กรด–เบส ผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนอภิปรายว่า “แบบจำลองของนักเรียนที่เป็นโมเลกุลหรือไอออนคู่กรด-เบสซึ่งกันและกันจะมีโปรตอนต่างกันเท่าใด และถ้าต้องการหาคู่กรดของเบสจะต้องรับหรือจ่ายโปรตอน (รับ 1 โปรตอน) และถ้าต้องการหาคู่เบสของกรดจะต้องรับหรือจ่ายโปรตอน (จ่าย 1 โปรตอน)” นักเรียนสามารถระบุได้และมีการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้สมการเคมีและลูกศรในการ

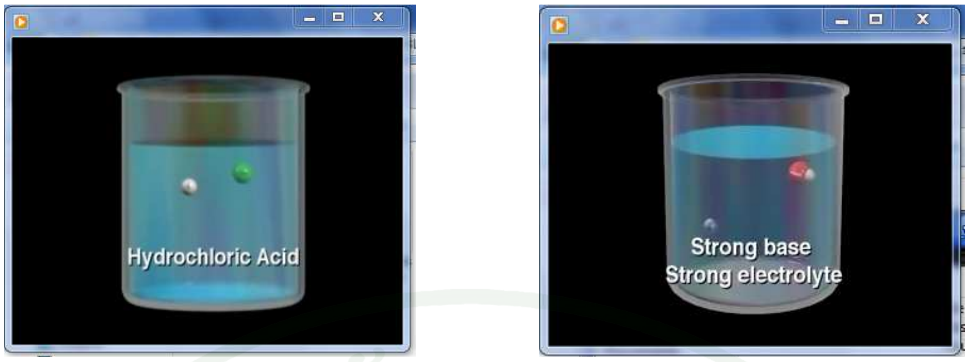
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อธิบายเพื่อโยงให้เห็นความสัมพันธ์ของสารที่เป็นคู่กรด คู่เบสกันและพบว่านักเรียนระบุได้เร็วและชัดเจนขึ้น

4) ผู้วิจัยมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและเน้นการใช้สื่อที่เชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เนื่องจากลักษณะของเนื้อหาเรื่องกรด–เบส นอกจากเป็นนามธรรมแล้ว ยังพบว่า ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยมีทั้งเนื้อหาอยู่ในระดับมหภาคซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริง (สังเกตได้จากการทดลอง) ระดับจุลภาคซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นนามธรรม (คำอธิบาย การเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถสังเกตได้) และระดับสัญลักษณ์คือสิ่งที่เป็นรูปธรรม (สูตรเคมี สมการเคมี) นอกจากนี้ยังมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (สูตรทางคณิตศาสตร์) ซึ่งการที่นักเรียนจะทำความเข้าใจในแนวคิดลักษณะเหล่านี้ได้นั้น นักเรียนต้องเชื่อมโยงลักษณะเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกันก่อน ซึ่งจากการจัดกิจกรรมผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ เข้าด้วยกันได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาระดับจุลภาค เช่น นักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับคำว่า “อนุภาค” เพราะเป็นสิ่งที่นักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ โดยในขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคของปรากฏการณ์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วให้นักเรียนนำเสนอผลงาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ระบายสีของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่มองเห็นได้เท่านั้น แต่นักเรียนไม่ได้วาดภาพที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาค ซึ่งจากการสอบถามนักเรียนทำให้ทราบว่านักเรียนไม่เข้าใจคำว่าระดับอนุภาค เพราะจากความรู้เดิมของนักเรียน เข้าใจว่าอนุภาคของสารในทางเคมี คือ อะตอม โมเลกุล หรือไอออนเท่านั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดกิจกรรมในขั้นประเมินแบบจำลอง โดยเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนที่แตกต่างกันไป เช่น รูปภาพ แบบจำลอง คลิปวีดิโอ ภาพแอนนิเมชั่น การทดลอง เป็นต้น

5) ผู้วิจัยมีการอธิบายและอภิปรายประกอบการใช้สื่อต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากขึ้น เช่น ผู้วิจัยให้นักเรียนชมคลิปวีดิโอที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคของปฏิกิริยาที่ศึกษา ในขั้นปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรด-เบส ผู้วิจัยนำคลิปวีดิโอที่ดาวน์โหลดมาจากเว็บไซต์ เรื่อง “Aqueous Acids in Action” และเรื่อง “Aqueous Bases in Action”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



"Aqueous Acids in Action" "Aqueous Bases in Action"

ภาพที่ 15 คลิปวีดิโอการแตกตัวของกรดและเบส เรื่อง "Aqueous Acids in Action" และ "Aqueous Bases in Action"

ซึ่งแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ ทำให้มองเห็นการแตกตัวของกรดและเบสได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากแสดงในรูปการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติจึงนำมาปรับปรุงแบบจำลองที่ได้สร้างในขั้นที่ 1 ให้ดีขึ้น ส่งผลทำให้นักเรียนมีแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนจากการเขียนอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อผู้วิจัยถามว่า "ฉันได้ทำอะไรบ้างเพื่อหาคำตอบในสิ่งที่ได้เรียนรู้" ดังคำตอบของนักเรียนที่สะท้อนว่า

"ได้วาดรูปแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสแทนการอธิบายด้วยข้อความ ถึงแม้ต้องใช้เวลานานกว่าจะวาดเสร็จ แต่ก็สนุกดี"

"ได้ดูคลิปวีดิโอการแตกตัวของกรดอ่อน กรดแก่ เบสอ่อน และเบสแก่ ซึ่งทำให้เห็นการแตกตัวอย่างชัดเจน เพราะมีการเคลื่อนไหว และมีสีสันที่แตกต่างกัน และเข้าใจง่ายถึงแม้จะเป็นวีดิโอภาษาอังกฤษ"

6) ผู้วิจัยต้องมีการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา ซึ่งแนวคิดเรื่องกรด–เบสมีแนวคิดพื้นฐานต่างๆ เช่น ปริมาณสารสัมพันธ์ พันธะเคมี สมดุลเคมี และแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสาร เพราะมีความจำเป็นมากต่อการประเมินเพื่อปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนไม่สามารถปรับปรุงแบบจำลองของคู่กรด–เบสได้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์เนื่องจากนักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการแสดงประจุสุทธิของโมเลกุล เมื่อรับหรือสูญเสียโปรตอนซึ่งมีประจุเท่ากับ +1 ดังนั้น ผู้วิจัยต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการทบทวนความรู้ให้กับนักเรียน และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้องเน้นย้ำถึงการเขียนประจุสุทธิของโมเลกุลว่าจะปรากฏเป็นไอออนลบ ไอออนบวกหรือกลางเป็นเท่าไหร่ นอกจากนี้ยังมีเนื้อหาพื้นฐานอื่นๆ ที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

"อยากให้อาจารย์อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพันธะหรือสมบัติอื่นๆ ที่ยังไม่รู้ของกรด–เบส ความสามารถของกรด–เบสบางตัวในการนำไฟฟ้า ความสว่างของหลอดไฟที่มีผลมาจากกรด–เบส" (st – 405 อนุทินวันที่ 3 สิงหาคม 2554)

"ยังไม่ค่อยเข้าใจเรื่องสมการการละลาย ไม่เข้าใจว่า H_2O เข้ามาเกี่ยวข้องในสารละลายตอนไหน การแยกกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ เบสอ่อน" (st – 420 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

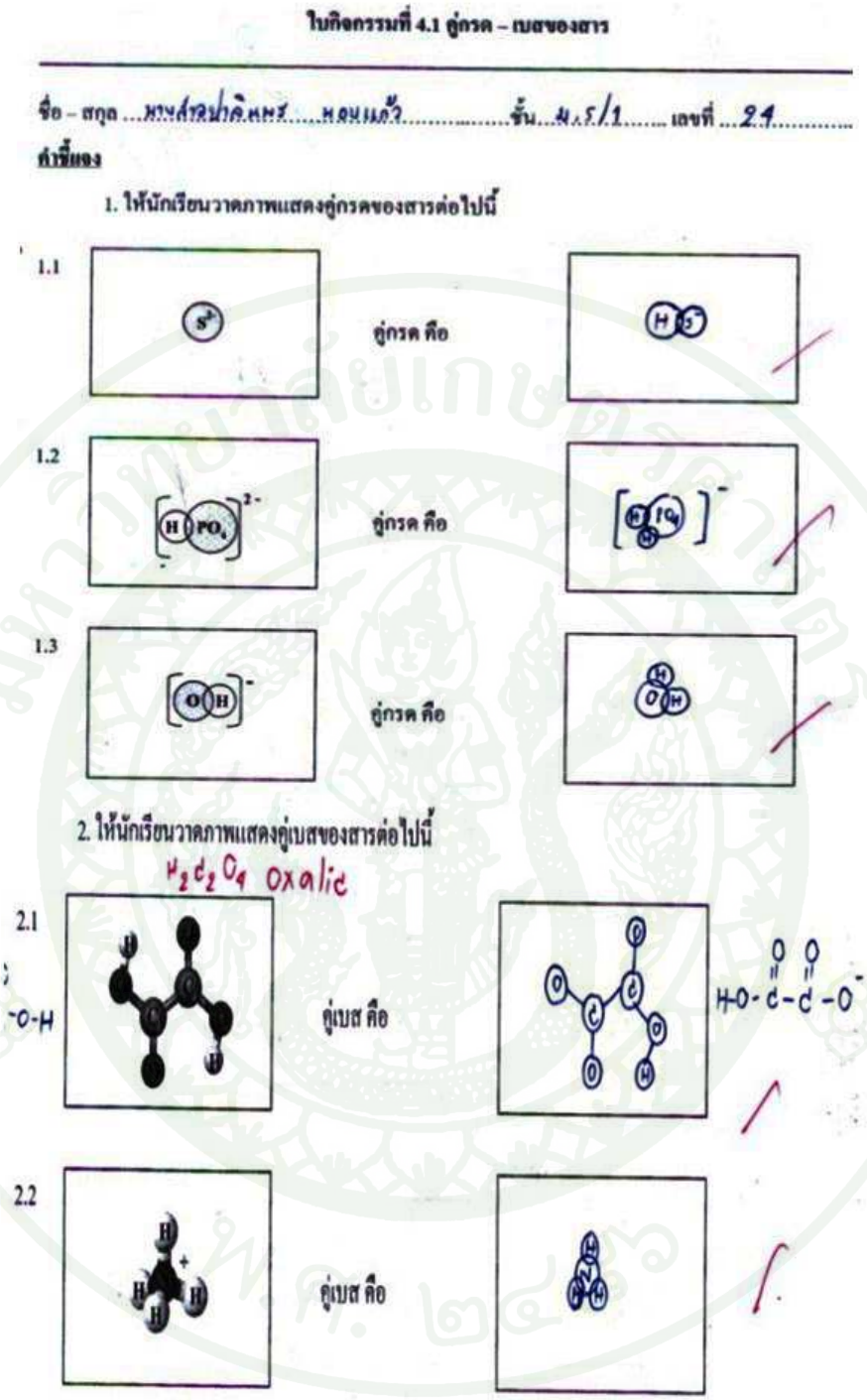
"อยากศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการเขียนสมการเคมีอย่างถูกต้อง" (st – 430 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

ผู้วิจัยให้นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงให้สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยผ่านการทำกิจกรรมใหม่ๆ หรือการอธิบายสถานการณ์ที่เป็นปรากฏการณ์ใหม่ ดังรายละเอียดแนวทางการจัดกิจกรรมดังนี้

1) ผู้วิจัยสร้างกิจกรรมที่เป็นโจทย์อื่นๆ เพิ่มเติมที่แตกต่างจากกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำในขั้นทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในกิจกรรมอื่นๆ เช่น ให้นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วเกี่ยวกับคู่กรด–เบสเพื่อใช้แก้ปัญหาในใบกิจกรรมดังแสดงในภาพที่ 16 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำกิจกรรมได้อย่างถูกต้องภายในเวลา 10 นาที ในการแสดงภาพคู่กรดทำได้ถูกต้องทุกข้อ จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และการแสดงภาพคู่เบสทำได้ถูกต้องทุกข้อ จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์


ใบกิจกรรมที่ 4.1 คู่กรด – เบสของสาร

ชื่อ – สกุล ...นางสาวนาคินทร์ หอมแก้ว... ชั้น ม.5/1 เลขที่ 24

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงคู่กรดของสารต่อไปนี้

1.1 S^{2-} คู่กรด คือ HS^-

1.2 $[H_2PO_4]^{2-}$ คู่กรด คือ $[H_3PO_4]^-$

1.3 $[OH]^-$ คู่กรด คือ H_2O

2. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงคู่เบสของสารต่อไปนี้

$H_2C_2O_4$ oxalic

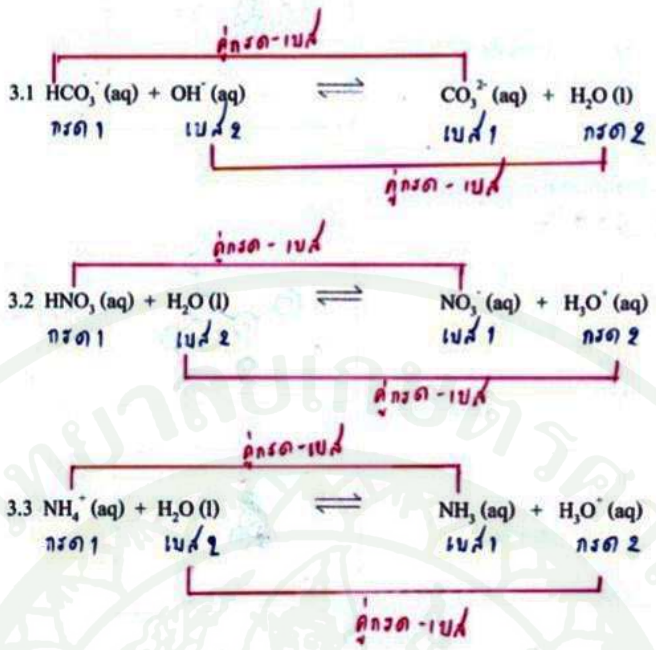
2.1 -O-H คู่เบส คือ $HO-C(=O)-C(=O)-O^-$

2.2 NH_4^+ คู่เบส คือ NH_3

ภาพที่ 16 คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรดและคู่เบสในใบกิจกรรมเรื่อง คู่กรด-เบสของสาร

และหลังจากการพัฒนาแบบจำลองสามารถแสดงคู่กรดและเบสในปฏิกิริยาโดยใช้ลูกศรโยงความสัมพันธ์ ได้ถูกต้องจำนวน 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 83

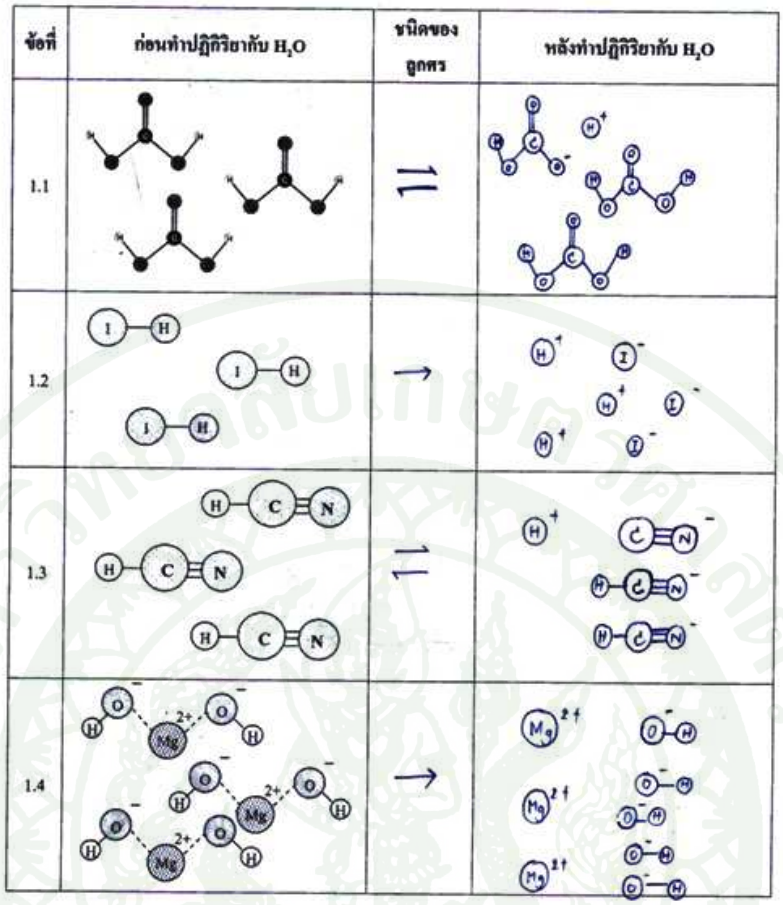
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรด-เบสในปฏิกิริยาโดยใช้ลูกศรโยงความสัมพันธ์

เมื่อมีการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการขยายความรู้ในกิจกรรม 5.2 การแตกตัวของกรดและเบส นักเรียนระบุว่า “ภาพที่ได้ปรับปรุงใหม่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น มองเห็นการแตกตัวของสารละลายกรดและเบสได้ชัดเจนมากขึ้น” ซึ่งผลจากการตรวจใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 70 สามารถวาดภาพแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดและเบสได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 คำตอบของนักเรียนแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหลังทำปฏิกิริยาของสารละลายกรดและเบสกับน้ำ

2) ผู้วิจัยได้นำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนได้อธิบายกลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น ในแผนการจัดกิจกรรมที่ 9 สารละลายบัฟเฟอร์ เมื่อยกตัวอย่างสารละลายบัฟเฟอร์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ระบบ H_2CO_3/HCO_3^- ที่ควบคุม pH ของพลาสมาในเลือดหรือระบบฟอสเฟตบัฟเฟอร์ $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไตแล้ว นักเรียนสามารถอธิบายกลไกการต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ตัวอย่างเหล่านี้ได้ โดยอธิบายได้ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“ระบบบัฟเฟอร์ในสิ่งมีชีวิตที่เป็นระบบ H_2CO_3/HCO_3^- จะควบคุม pH ของพลาสมาในเลือดให้มีค่าอยู่ที่ 7.3 – 7.4 ส่วนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$ จะเกี่ยวข้องกับการทำงานของไต เมื่อออกกำลังกายเป็นเวลานานจะมีกรดชนิดต่างๆ เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ pH ของเลือดเปลี่ยนแปลงไป ระบบบัฟเฟอร์ H_2CO_3/HCO_3^- ในเลือดก็จะเข้าทำปฏิกิริยาเพื่อลดความเข้มข้นของกรด ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$HCO_3^- (aq) + H_3O^+ (aq) \rightleftharpoons H_2CO_3 (aq) + H_2O (l)$$

$$H_2CO_3 (aq) \rightleftharpoons H_2O (l) + CO_2 (g)$$

แก๊ส CO_2 ที่เกิดขึ้นจะถูกขับออกจากเลือดทางปอด โดยการหายใจออก ส่วนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่อยู่ในเซลล์ของร่างกายจะทำหน้าที่ลดกรดที่เกิดขึ้นด้วยดังนี้

$$HPO_4^{2-} (aq) + H_3O^+ (aq) \rightleftharpoons H_2PO_4^- (aq) + H_2O (l)$$

$H_2PO_4^-$ จะถูกกำจัดออกมากับปัสสาวะ

การเปลี่ยนแปลงในร่างกายที่ทำให้เกิดกรด จะต้องเกิดขึ้นอยู่เสมอในชีวิตประจำวัน แต่ระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายสามารถลดความเข้มข้นของกรดที่เกิดขึ้นได้”

ปัจจัยที่ส่งเสริมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ปัจจัยที่ส่งเสริมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถจำแนกประเด็นด้านบทบาทของครูและประเด็นของกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน สรุปได้ดังนี้

ประเด็นด้านบทบาทของครู ได้ข้อสรุปจากนักเรียนว่า ครูสอนได้ดีแล้ว สามารถตอบคำถามหรือข้อสงสัยได้อย่างเข้าใจ และอธิบายได้ดี คิดเป็นร้อยละ 23.8 ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนดังนี้

“การสอนสนุกมาก อาจารย์มีการจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ อาจารย์มีลักษณะการพูดที่คล่องอยากให้มีกิจกรรมที่สนุกอย่างนี้ในทุกๆ คาบ” (st – 405 อนุทินวันที่ 3 สิงหาคม 2554)

“รู้สึกดีกับการสอนของอาจารย์มาก เวลาเรียนก็สนุก ได้ทำการทดลอง ไม่เครียดจนเกินไป และเห็นความจริงจากการลงมือปฏิบัติ ทำให้รู้สึกชอบวิชาเคมีมากยิ่งขึ้น อาจารย์ก็สอนดีและเข้าใจง่าย ไม่สอนหรือใช้ภาษาที่ยากเกินความเข้าใจ ขอบคุณอาจารย์มากนะคะที่ให้ความรู้แก่พวกเราทุกคนให้เข้าใจในเนื้อหาของกรด–เบสมากขึ้น” (st – 425 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเด็นของกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนให้ความคิดเห็นสรุปได้ว่า การทดลองและกิจกรรมน่าสนใจ ทำให้สนุกในการทำกิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 15.5 ดังความคิดเห็นของนักเรียนดังนี้

“รู้สึกว่าได้คิดตามอย่างมีเหตุผลตามหลักของวิทยาศาสตร์ สนุก ไม่เน้นเนื้อหาในหนังสือจนเกินไป แต่อยากให้อาจารย์พาไปเรียนในห้องที่เย็นกว่านี้ เพราะอากาศค่อนข้างร้อน” (st – 413 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

“สนุกที่ได้ทำการทดลอง ลองคิดหาคำตอบจากสิ่งที่เห็นจากผลการทดลองที่ได้ นำทฤษฎีต่างๆ มาอ้างอิงผลการทดลอง ซึ่งทำให้ได้รับความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น รู้สึกดีกับการเรียนวิชาเคมีมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เข้าใจเกี่ยวกับสาร Amphiprotic สารที่เป็นคู่กรด – คู่เบสกัน และเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบสลิวอิสมากขึ้น ทำให้เข้าใจความเป็นกรด–เบสมากขึ้น” (st – 425 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

“โดยส่วนตัวแล้วชอบการจัดกิจกรรมการเรียนแบบนี้มาก เพราะรู้สึกว่า lab ก็ได้ทำและทฤษฎีความรู้ก็เข้าใจจริงๆ จากการสร้างภาพ แม้บางเรื่องอาจต้องศึกษาเพิ่มบ้าง นอกจากนี้บรรยากาศการเรียนไม่เคร่งเครียด อาจารย์สอนเป็นกันเอง ทำให้ผู้เรียนรู้สึกสนุก” (st – 430 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

นอกจากนี้ประเด็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนให้ความเห็นสรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น คิดเป็นร้อยละ 8.33 ดังความคิดเห็นของนักเรียนดังนี้

“ชอบที่ครูสอนให้เห็นภาพ ทำให้เราเข้าใจมากขึ้น แต่บางครั้งนึกภาพไม่ออกว่าที่คุณครูอธิบายเป็นอย่างไร อยากให้คุณครูสอนทำการทดลองมากๆ สนุกดีค่ะ” (st – 420 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

“เน้นการทดลองซึ่งทำให้เห็นภาพ ช่วยให้ไม่น่าเบื่อเกินไป และสอนนอกเหนือจากหนังสือเรียน” (st – 416 อนุทินวันที่ 13 กันยายน 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญหาที่พบจากการใช้หน่วยการเรียนรู้

1. เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม

ผู้วิจัยพบว่า เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ (15 คาบ) นั้นไม่เพียงพอ เพราะหน่วยการเรียนรู้นี้ต้องใช้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรม การสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพวาด คำพูด หรือแบบจำลองสามมิติ เวลาในการค้นคว้าและสำรวจข้อมูล อภิปราย การเตรียมการนำเสนอ รวมถึงการนำเสนองานพร้อมการตอบคำถาม ซึ่ง Bybee (2006: 8) กล่าวว่าการเรียนรู้อย่างมีความหมายต้องใช้เวลา นักเรียนใช้เวลาในการทำความเข้าใจกับความรู้ใหม่ อภิปรายร่วมกับเพื่อนและครู รวบรวมข้อมูลและสรุปผล เพื่อฝึกฝนทักษะและเรียนรู้สิ่งที่อยู่รอบตัว นอกเหนือจากระยะเวลาที่จำกัดแล้ว นักเรียนยังมีภาระงานจำนวนมากจากวิชาอื่นๆ ทำให้งานที่มอบหมายล่าช้าและต้องยืดเวลานานออกไป นอกเหนือจากนี้ช่วงเวลาที่ทำการวิจัย (เดือนสิงหาคม) ตรงกับเดือนรอมฎอนในศาสนาอิสลาม ซึ่งบัญญัติให้ผู้ที่นับถือศาสนาอิสลามทุกคนถือศีลอดตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนถึงเวลาที่พระอาทิตย์ตกตลอดทั้งเดือนทำให้นักเรียนประมาณ 3 คนที่นับถือศาสนาอิสลามจะมีอาการอ่อนเพลียหากต้องเรียนในคาบบ่าย ทำให้การเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ นักเรียนจะขาดความกระตือรือร้น แต่ผู้วิจัยได้อาศัยข้อมูลพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน 3 คนนี้ในช่วงเวลาปกติจากอาจารย์คนเดิมที่สอนวิชาเคมีเกี่ยวกับการให้ความร่วมมือสำหรับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนและสอบถามอาจารย์ที่ปรึกษาประจำชั้นเพื่อเป็นข้อมูล

เนื่องจากหน่วยการเรียนรู้นี้ถูกจัดสรรให้เรียนเป็นหน่วยการเรียนรู้สุดท้ายจึงสามารถชดเชยได้เป็น 17 คาบ โดยเวลาเรียนของหน่วยการเรียนรู้นี้ขาดหายไปเนื่องจากมีกิจกรรมต่างๆ ของโรงเรียนและของมหาวิทยาลัย ได้แก่ กิจกรรมงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ และกิจกรรม Talent day รวมเป็น 2 ครั้ง

2. พื้นความรู้เดิมของนักเรียน

ข้อมูลจำนวนร้อยละของการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียน พบว่า หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดจากแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) เป็นแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) และมีนักเรียนส่วนน้อยที่พัฒนาแบบจำลองทางความคิดเป็นแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงพื้นความรู้เดิมของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เพียงพอในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ดังที่ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) กล่าวว่าหากนักเรียนมีความรู้และทักษะพื้นฐานไม่เพียงพอจะเรียนต่อในเนื้อหาขั้นสูงได้ยากและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Margarita *et al*. (2005) ที่พบว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องกรด–เบสเป็นผลมาจากความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องโครงสร้างอะตอมและเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ จากการที่ผู้วิจัยสังเกตอย่างมีส่วนร่วม ตรวจอนุทินของนักเรียน พบว่านักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐาน อาทิ เช่น การเขียนโครงสร้างเคมี พันธะเคมี สมการการละลาย การทำปฏิกิริยาของสารละลาย ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนที่สะท้อนเกี่ยวกับ คำถาม/เรื่องที่ยังไม่เข้าใจหรือสิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม ดังนี้

“พันธะหรือสมบัติอื่นๆ ที่ยังไม่รู้ของกรด–เบส ความสามารถของกรด–เบสบางตัวในการนำไฟฟ้า ความสว่างของหลอดไฟที่มีผลมาจากกรด–เบส” (st – 405 อนุทินวันที่ 3 สิงหาคม 2554)

“ยังไม่ค่อยเข้าใจเรื่องสมการการละลาย ไม่เข้าใจว่า H_2O เข้ามาเกี่ยวข้องในสารละลายตอนไหน การแยกกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ เบสอ่อน” (st – 420 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

“อยากศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการเขียนสมการเคมีอย่างถูกต้อง” (st – 430 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

“การทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย กรดอ่อน กรดแก่ เบสอ่อน เบสแก่”(st – 416 อนุทินวันที่ 13 กันยายน 2554)

สรุปแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด–เบสมากขึ้น ประกอบด้วย 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ขั้นแสดงออกแบบจำลอง ขั้นทดสอบแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง และขั้นขยายแบบจำลอง ในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนี้ ผู้วิจัยคิดว่า ผู้เรียนอาจจะยังไม่เห็นภาพของการการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเด่นชัดนัก จะมองเพียงกิจกรรมการทดลอง และคิดว่าการวาดแบบจำลองอธิบายผลการทดลองเป็นส่วนหนึ่งในการรายงานผลการทดลอง ควรจัดการเรียนรู้ที่ต้องให้ความสำคัญกับการใช้คำถาม ความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เน้นให้มีการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นจริง จัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เน้นกระบวนการสร้าง แสดงออก และการอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองเพื่อให้เกิดการทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ใช้กิจกรรมอุปมาอุปไมยในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ และควรมีการประเมินการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้เกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เพื่อศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส ดังแสดงผลการศึกษาในตารางที่ 11 โดยใช้ข้อคำถามแบบเลือกตอบ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ หรือวาดภาพและเขียนบรรยาย รวมทั้งสิ้น 10 ข้อ ครอบคลุม 9 แนวคิดย่อย ได้แก่ เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ สมบัติของสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด–เบส คู่กรด–เบส การแตกตัวของกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด–เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องกรด–เบสในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 (เดือนสิงหาคม – กันยายน 2554) และหลังจากจบหน่วยการเรียนรู้กรด–เบสในช่วงปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 (เดือนกันยายน 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสในกลุ่มต่างๆ

แนวคิดย่อยเรื่องกรด-เบส	**จำนวนนักเรียน (คน) แต่ละกลุ่ม (N = 37) [ร้อยละ]**									
	CM		**PM**		**PM & IM**		**IM**		**NM**	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
สารละลายอิเล็กโทรไลต์	0 [0.0]	8 [21.6]	5 [13.5]	11 [29.7]	10 [27.0]	10 [27.0]	15 [40.5]	6 [16.2]	7 [18.9]	2 [5.4]
สมบัติของสารละลายกรดและเบส	0 [0.0]	7.5 [20.3]	9.5 [25.7]	19 [51.4]	14 [37.8]	10.5 [28.4]	10.5 [28.4]	0 [0.0]	3 [8.1]	0 [0.0]
ทฤษฎีกรด-เบส	0 [0.0]	6 [16.2]	8 [21.6]	9 [24.3]	15 [40.5]	17 [46.0]	10 [27.0]	4 [10.8]	4 [10.8]	1 [2.7]
คู่กรด-เบส	0 [0.0]	9 [24.3]	2 [5.4]	18 [48.7]	8 [21.6]	9 [24.3]	13 [35.1]	1 [2.7]	14 [37.8]	0 [0.0]
การแตกตัวของกรด-เบส	0 [0.0]	8 [21.6]	1 [2.7]	16 [43.2]	23 [62.2]	11 [29.7]	9 [24.3]	1 [2.7]	4 [10.8]	1 [2.7]
อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	0 [0.0]	1 [2.7]	4 [10.8]	22 [59.5]	6 [16.2]	9 [24.3]	25 [67.6]	4 [10.8]	2 [5.4]	1 [2.7]
ปฏิกิริยาของกรดและเบส	0 [0.0]	6 [16.2]	13 [35.1]	18 [48.7]	4 [10.8]	10 [27.0]	3 [8.1]	1 [2.7]	17 [46.0]	2 [5.4]
การไทเทรตกรด-เบส	0 [0.0]	5 [13.5]	1 [2.7]	25 [67.6]	9 [24.3]	7 [18.9]	14 [37.8]	0 [0.0]	13 [35.1]	0 [0.0]
สารละลายบัฟเฟอร์	0 [0.0]	3 [8.1]	0 [0.0]	15 [40.5]	12 [32.4]	16 [43.2]	17 [46.0]	2 [5.4]	8 [21.6]	1 [2.7]
ร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียน	0.0	16.1	13.1	46.0	30.3	29.9	35.0	5.7	21.6	2.4

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด–เบสเพิ่มขึ้น

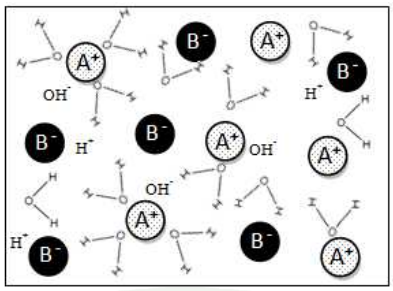
ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 35.0 มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวคิดที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องมากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส สารละลายบัฟเฟอร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และการไทเทรตกรด–เบส ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ในเรื่องการแตกตัวของกรด–เบส สมบัติของสารละลายกรดและเบส และทฤษฎีกรด–เบส และพบว่าไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM)

หลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 46 อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่อง คู่กรด–เบส รองลงมา คือ การแตกตัวของกรด–เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดแตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution)

การศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงว่าสารที่เมื่อนำมาละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้ ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือ สารละลายอิเล็กโทรไลต์เมื่อละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบแยกออกจากกัน โดยไอออนบวกและไอออนลบสามารถเคลื่อนที่ไปมาในสารละลายได้ จึงทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ ส่วนน้ำ (H_2O) สามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและ ไฮดรอกไซด์ไอออนบางส่วน ในสารละลายจึงมีทั้งไฮโดรเจนไอออน ไฮดรอกไซด์ไอออน และโมเลกุลของน้ำกระจายอยู่กับไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดจากการแตกตัว แต่น้ำแตกตัวได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อัตราส่วนของ H^+ และ OH^- จึงน้อยกว่าอัตราส่วนของไอออนบวกและไอออนลบของสารอิเล็กโทรไลต์ ดังแสดงในภาพที่ 19

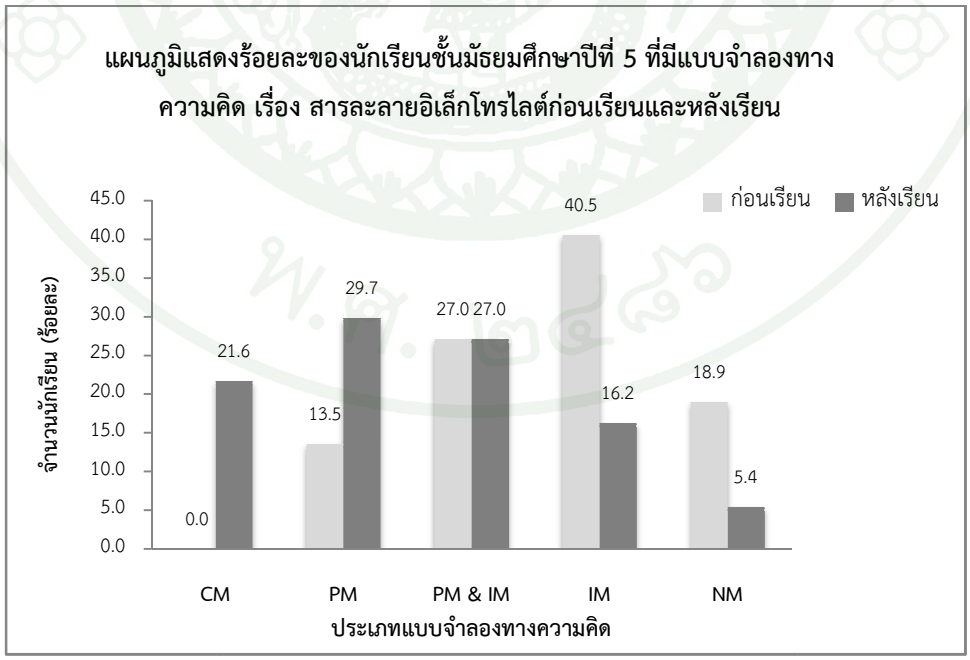
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



b

ภาพที่ 19 ภาพแบบจำลองแสดงสารที่เมื่อนำมาละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 20 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (IM) คิดเป็นร้อยละ 40.5 รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) คิดเป็นร้อยละ 27.0 และหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้วนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 29.7 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มเป็นร้อยละ 21.6 โดยนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) ลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 16.2



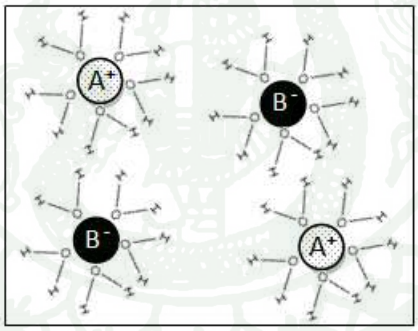
ภาพที่ 20 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 20 (ต่อ)

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่พิจารณาเฉพาะการแตกตัวของสารที่ละลายในน้ำว่าสามารถแตกตัวให้ไอออนบวกและลบได้ แต่ไม่พิจารณาการแตกตัวของน้ำ และไม่พิจารณาถึงขั้วของโมเลกุล ซึ่งน้ำจะต้องหันขั้วลบ (O) เข้าหาไอออนบวก (A^+) และหันขั้วบวก (H) เข้าหาไอออนลบ (B^-) ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเช่น เลือกภาพที่แสดงการแตกตัวของสารให้ไอออนบวกและไอออนลบโดยไม่มีการแตกตัวของโมเลกุล H_2O และน้ำหันขั้วลบ (O) เข้าหาไอออนลบ (B^-) พร้อมทั้งให้เหตุผลว่า “เพราะสารมีการแตกตัวให้ไอออนบวก (A^+) ไอออนลบ (B^-) และมีโมเลกุลของน้ำมาเกาะสามารถแตกตัวได้ จึงนำไฟฟ้าได้” (จำนวนนักเรียน 5 คน) ดังภาพที่ 21

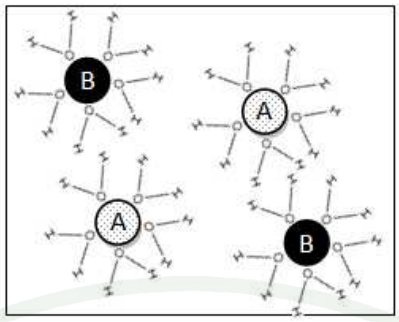


g

ภาพที่ 21 การแตกตัวของสารให้ไอออนบวกและไอออนลบโดยอะตอมออกซิเจนของโมเลกุล H_2O หันเข้าหาไอออนบวกและไอออนลบของสารที่แตกตัว

นอกจากนี้นักเรียนบางส่วนเลือกภาพที่แสดงการแยกออกจากกันของโมเลกุลสารเป็นอะตอม 2 ชนิดและมีโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบอะตอมทั้ง 2 พร้อมทั้งให้เหตุผลว่า เพราะสารแยกตัวกันและมีโมเลกุลของน้ำมารวมกับสาร จึงทำให้นำไฟฟ้าได้” (จำนวนนักเรียน 3 คน) ดังภาพที่ 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



f

ภาพที่ 22 การแยกออกจากกันของโมเลกุลสารเป็นอะตอม 2 ชนิดและมีโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบอะตอม

ภายหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) และมีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถระบุได้ถูกต้องว่าสารที่ละลายน้ำและนำไฟฟ้าได้จะต้องพิจารณาการแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบของตัวละลายและตัวทำละลายในสารละลายนั้นๆ ทั้งนี้เนื่องจากการทำกิจกรรมทดสอบสมบัติการนำไฟฟ้าของสารละลายบางชนิด นักเรียนสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ และมีการอภิปรายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคของสารตัวอย่างแต่ละชนิด จึงทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลาย อิเล็กโทรไลต์สอดคล้องมากขึ้น ดังตัวอย่างการแสดงคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

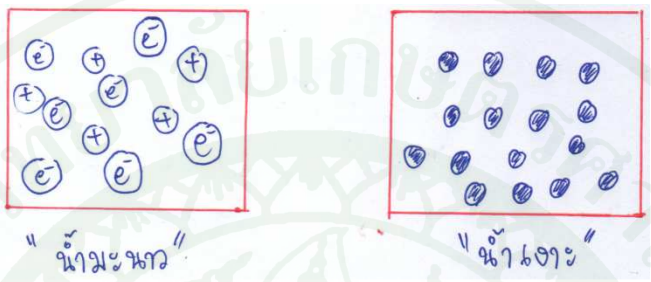
“สารที่ละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้ เป็นโมเลกุลที่แตกตัวเป็นไอออน + และ - และอะตอม O ของ H_2O ซึ่งเป็นขั้วลบ หันเข้าหาไอออนบวก และอะตอม H ของ H_2O มีความเป็นขั้วบวกจะหันเข้าหาไอออนลบ ทำให้สารนั้นละลายน้ำได้ และจากที่โมเลกุลแตกตัวเป็นไอออนก็สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยที่น้ำก็แตกตัวเป็นไอออนด้วยบางส่วน” (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 3 คน)

อย่างไรก็ตามจากการตอบแบบวัดแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน ยังพบว่านักเรียนร้อยละ 27.5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนกลุ่มนี้ระบุว่าสารที่ละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้ จะต้องมีไอออนของ H_3O^+ และ OH^- เคลื่อนที่ไปมาในสารละลายจึงนำไฟฟ้าได้ ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกภาพแสดงสารที่เมื่อนำมาละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าได้ถูกต้องและเลือกภาพอื่นที่ไม่ถูกต้องร่วมด้วย

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับคำตอบของนักเรียนจากการอภิปรายในขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยผู้วิจัยสาธิตการทดลองการนำไฟฟ้าของสารละลายในชีวิตประจำวัน นั่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คือ น้ำมะนาวและน้ำเงาะ โดยให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์การนำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง พบว่านักเรียนสามารถวาดภาพแสดงปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้เท่านั้น คือ วาดภาพหลอดไฟที่จุ่มในน้ำมะนาวสว่าง และหลอดไฟที่จุ่มในน้ำเงาะไม่สว่าง เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาค นักเรียนจะวาดเพียงอิเล็กตรอน (e^-) ที่เคลื่อนที่ไปมาในสารละลาย จึงทำให้สารละลายนำไฟฟ้าได้ ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ภาพวาดของนักเรียนแสดงแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของน้ำมะนาวและน้ำเงาะ

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้มีแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ดังอนุทินสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียน คือ กรด–เบสแต่ละชนิดมีสมบัตินำไฟฟ้าต่างกัน

“ได้เรียนรู้ว่ากรด–เบสแต่ละชนิดมีสมบัติในการนำไฟฟ้าต่างกัน ดังนั้นแบบจำลองการแตกตัวของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดและเบสต่างๆ จึงต่างกันและกรด–เบสมีสมบัติในการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสต่างกัน” (st – 405 อนุทินวันที่ 3 สิงหาคม 2554)

“กรดเมื่อละลายน้ำ ให้ H^+ เบสละลายน้ำ ให้ OH^- กรดและเบสมีฤทธิ์กัดกร่อน กรดที่นำไฟฟ้าได้ จะพบว่ากรดแก่ สว่างมาก กรดอ่อน สว่างน้อย ส่วนเบสที่นำไฟฟ้า พบว่าเบสแก่ สว่างมาก เบสอ่อน สว่างน้อย สารที่เป็นกลางมีทั้งที่นำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้า” (st – 413 อนุทินวันที่ 8 สิงหาคม 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

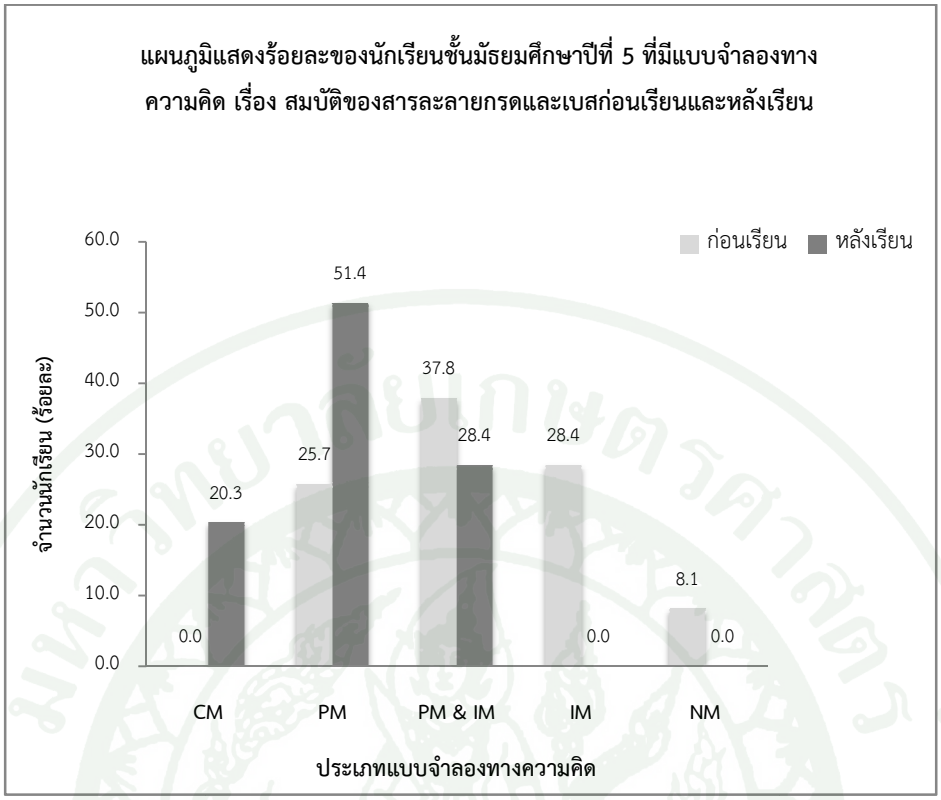
3.2 สมบัติของสารละลายกรดและเบส (Properties of acid and base)

แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมบัติของสารละลายกรดและเบส ผู้วิจัยนำภาพที่สื่อถึงสมบัติต่างๆ ของกรดและเบส เช่น ภาพการนำไฟฟ้าของมะนาว ภาพสารที่แตกตัวให้ H^+ ภาพสารที่อยู่ในช่วง pH น้อยกว่า 7 เป็นต้น แล้วให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงความเป็นกรดและเบส พร้อมให้เหตุผลประกอบ ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ภาพที่สื่อถึงสมบัติของสารละลายกรด ได้แก่ ภาพกรดในกระเพาะอาหาร สารที่แตกตัวให้ H^+ การนำไฟฟ้าของมะนาว การกัดกร่อน และสารที่อยู่ในช่วง pH น้อยกว่า 7 และภาพที่สื่อถึงสมบัติของสารละลายเบส ได้แก่ ภาพผงฟู และภาพสารที่แตกตัวให้ OH^-

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังนำภาพการแตกตัวของสารละลายกรดและเบส และถามว่าภาพใดที่สอดคล้องกับสมบัติของสารละลายที่มีรสเปรี้ยวและมีฤทธิ์กัดกร่อนซึ่งเป็นสมบัติของสารละลายกรด เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินและมี pH มากกว่า 7 ซึ่งเป็นสมบัติของสารละลายเบส และสารละลายในรูปใด มีสมบัตินำไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ พร้อมทั้งให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติของสารละลายกรดและเบสของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 24 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.8 แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้วนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็นร้อยละ 51.4 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มเป็นร้อยละ 20.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

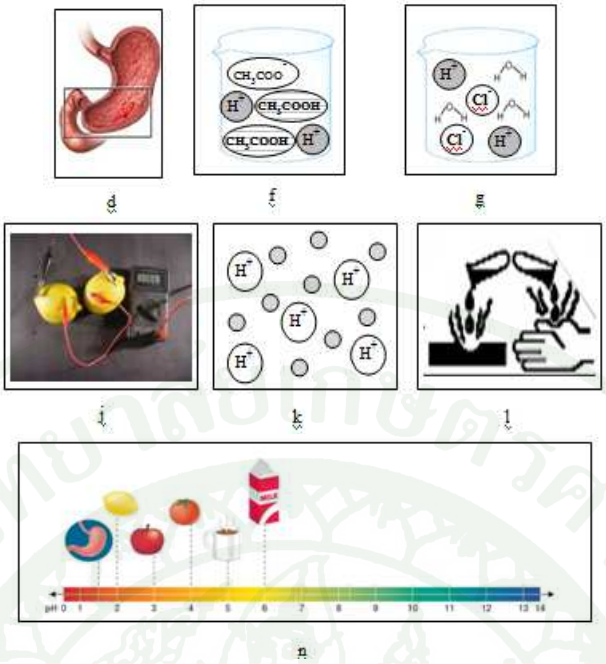


ภาพที่ 24 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสมบัติของสารละลายกรดและเบสก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) โดยนักเรียนตอบได้ถูกต้องว่า น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร การแตกตัวของ CH_3COOH การแตกตัวของ HCl การนำไฟฟ้าของมะนาว ภาพ H^+ ภาพการกัดกร่อน และสารที่มี pH น้อยกว่า 7 เป็นกรด และเลือกภาพผงฟู ภาพ Mg^{2+} และ OH^- และภาพ OH^- เป็นเบส และตอบไม่ถูกต้องร่วมด้วยว่า น้ำตาลทราย เป็นสารที่มีสมบัติเป็นเบส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



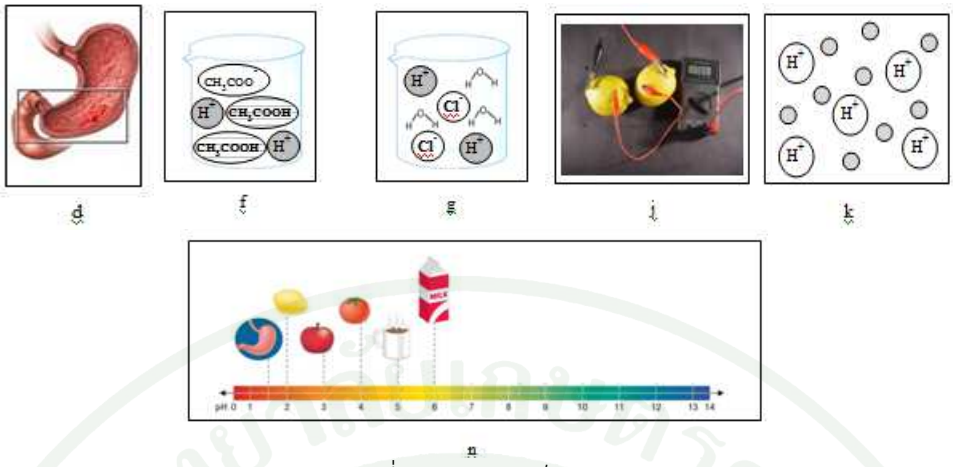
ภาพที่แสดงสมบัติเป็นกรด

ภาพที่แสดงสมบัติเป็นเบส

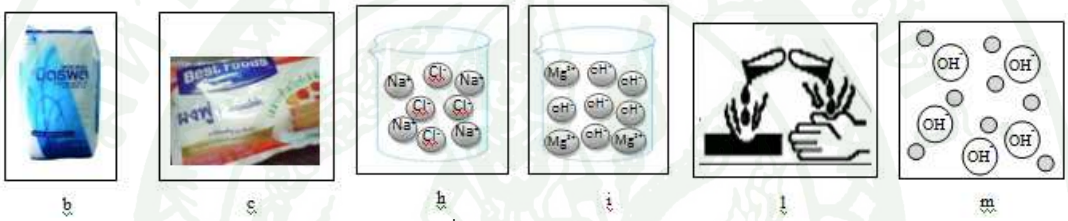
ภาพที่ 25 ตัวอย่างการจัดกลุ่มภาพที่มีสมบัติเป็นกรดและเบสของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

สำหรับนักเรียนกลุ่มที่เลือกภาพแสดงสารที่มีสมบัติเป็นกรดไม่ครบถ้วนและแสดงภาพที่มีสมบัติเป็นเบสไม่ถูกต้อง นั่นคือ ไม่เลือกภาพการกัดกร่อน เป็นกรด และเลือกภาพน้ำตาลทราย และภาพ Na^{+} กับ Cl^{-} เป็นเบส ซึ่งไม่ถูกต้อง มีจำนวนนักเรียนที่ตอบ 6 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่แสดงสมบัติเป็นกรด



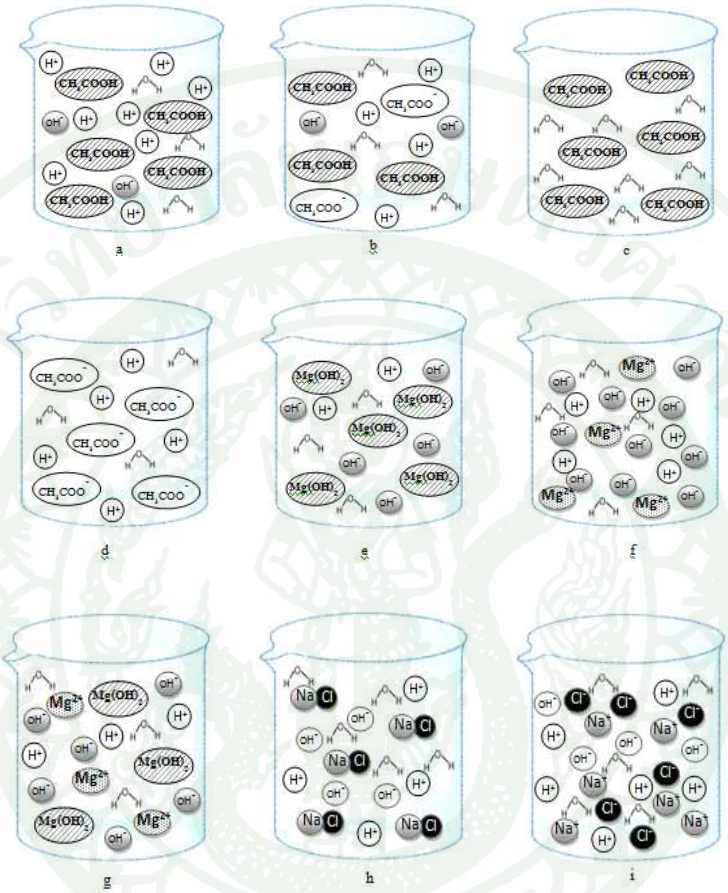
ภาพที่แสดงสมบัติเป็นเบส

ภาพที่ 26 ตัวอย่างการจัดกลุ่มภาพแสดงสารที่มีสมบัติเป็นกรดไม่ครบถ้วนและแสดงภาพที่มีสมบัติเป็นเบสไม่ถูกต้อง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังศึกษาสมบัติของสารละลายกรดและเบสโดยนำภาพการแตกตัวของสารละลายกรดและเบส และถามว่าภาพใดที่สอดคล้องกับสมบัติของสารละลายที่มีรสเปรี้ยวและมีฤทธิ์กัดกร่อนซึ่งเป็นสมบัติของสารละลายกรด เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินและมี pH มากกว่า 7 เป็นสมบัติของสารละลายเบส และสารละลายในรูปใดมีสมบัตินำไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นสมบัติของสารละลายกรดและเบส พร้อมทั้งให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบคำตอบด้วย โดยแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับสารละลายที่มีรสเปรี้ยวและมีฤทธิ์กัดกร่อนสอดคล้องกับภาพที่แสดงการแตกตัวของกรดที่ให้ H^+ แก่น้ำ และกลายเป็น CH_3COO^- โดยบางส่วนยังคงมี CH_3COOH และ H^+, H_3O^+ และ OH^- ที่มาจากการแตกตัวของน้ำด้วยบางส่วน สารละลายที่สามารถเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินและมี pH มากกว่า 7 สอดคล้องกับภาพที่แสดงการแตกตัวของ $Mg(OH)_2$ ซึ่ง $Mg(OH)_2$ เป็นเบสแก่ แตกตัวให้ OH^- ได้ทั้งหมด 100% ดังนั้น OH^- ที่แสดงความเป็นเบสมาจากการแตกตัวของ $Mg(OH)_2$ เป็นหลักและจากน้ำเพียงบางส่วน สำหรับบางภาพแสดงการแตกตัวของ $Mg(OH)_2$ ไม่ถูกต้อง และสำหรับคำตอบของสารละลายที่มีสมบัตินำไฟฟ้าได้ คือ ภาพสารละลายที่แสดงการแตกตัวของ CH_3COOH ที่ถูกต้อง (ภาพ b) เพราะเป็นกรดอ่อนสามารถแตกตัวได้บางส่วน ภาพสารละลายที่แสดงการแตกตัว $Mg(OH)_2$ (ภาพ f) ที่ถูกต้อง เป็นเบสแก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แตกตัวให้ไอออนบวกและลบได้ 100% และภาพสารละลายที่แสดงการแตกตัวของ NaCl (ภาพ i) เป็นสารไอออนิกที่มีสมบัติเป็นกลาง แตกตัวให้ไอออนบวกและลบได้ทั้งหมดเนื่องจากสารละลายในรูปทั้ง 3 สามารถแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบได้อย่างถูกต้อง จึงมีสมบัติในการนำไฟฟ้าได้



ภาพที่ 27 ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับการแตกตัวของสารละลายกรด -เบส

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) พบว่า ถึงแม้ว่านักเรียนจะทราบสมบัติของสารละลายกรดและเบส แต่นักเรียนก็ยังแสดงตัวเลือกที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องร่วมด้วยในข้อนั้น เพราะนักเรียนไม่ได้พิจารณาการแตกตัวที่ถูกต้องของสารละลายที่แสดงในภาพ แต่ภายหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ลดลงจากร้อยละ 37.8 เหลือร้อยละ 28.4 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 51.4 โดยนักเรียนกลุ่มนี้สามารถเลือกภาพที่แสดงสมบัติของกรดและเบสได้ถูกต้องทั้งหมด แต่มีเพียงบางภาพที่นักเรียนไม่ได้เลือกตอบ เช่น ภาพการกัดกร่อน ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนไม่ได้ระบุว่าเป็นสมบัติของกรด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเกี่ยวกับการทดสอบสมบัติการกัดกร่อน กรดบางชนิดมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมาก เมื่อทดสอบกับหินปูน จึงไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนได้ ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน นอกจากนี้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.3 เนื่องจากนักเรียนสามารถเลือกภาพและระบุสมบัติความเป็นกรดและเบสได้ถูกต้องครบถ้วน คือ แสดงคำตอบของสมบัติกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อน นำไฟฟ้าได้และมีรสเปรี้ยว ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model) ภาพการแตกตัวให้ H^+ ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) มี pH น้อยกว่า 7 ซึ่งเป็นแบบจำลองในการสรุปอ้างอิงเชิงวิทยาศาสตร์ (Inference model) โดยยกตัวอย่างสารที่เป็นมะนาว กรดเกลือในกระเพาะอาหาร เป็นต้น และแสดงคำตอบสมบัติของเบสได้ว่า สามารถแตกตัวให้ OH^- ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) โดยยกตัวอย่างสารที่เป็นผงฟูและสารที่แตกตัวให้ OH^- ได้ถูกต้อง และคำตอบเกี่ยวกับสมบัติของสารละลายกรดและเบส จากการพิจารณาการแตกตัวที่ถูกต้องของกรดและเบสนั้น พบว่า นักเรียนจะทราบว่าสารละลายที่มีรสเปรี้ยวและมีฤทธิ์กัดกร่อน คือ สมบัติของสารละลายที่เป็นกรด สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินและมี pH มากกว่า 7 คือสมบัติของสารละลายที่เป็นเบส และสารละลายที่มีสมบัตินำไฟฟ้าได้ คือ สมบัติของสารละลายกรด เบส และสารประกอบไอออนิก และนักเรียนได้พิจารณาการแตกตัวที่ถูกต้องของสารละลายที่แสดงในภาพ เช่น การแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายกรดแอซิติก (CH_3COOH) ซึ่งแสดงการแตกตัวของสารแตกต่างกันในภาพทั้ง 4 โดยภาพที่แสดงการแตกตัวได้ถูกต้อง คือ ภาพที่ CH_3COOH แตกตัวได้เพียงบางส่วน เพราะ CH_3COOH เป็นกรดอ่อน จึงทำให้อัตราส่วนของ CH_3COOH มีมากกว่าผลิตภัณฑ์ CH_3COO^- และมีน้ำ (H_2O) สามารถแตกตัวได้เพียงบางส่วน เช่นเดียวกับภาพ การแตกตัวของ $Mg(OH)_2$ ที่แตกต่างกัน 3 ภาพ แต่ภาพที่แสดงได้ถูกต้อง คือภาพที่แสดงการแตกตัวของ $Mg(OH)_2$ เป็นไอออนได้ 100% เพราะ $Mg(OH)_2$ เป็นเบสแก่ เป็นต้น

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมของนักเรียนเพื่อศึกษาสมบัติของสารละลายกรดและเบส โดยนักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มในการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของกรดและเบส โดยครูถามว่า “นักเรียนจะทดสอบความเป็นกรด – เบสของสารจากสมบัติใด” ซึ่งนักเรียนได้ทดสอบสมบัติความเป็นกรด – เบสด้วยการทดสอบการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส การทดสอบกับกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ทดสอบกับฟีนอล์ฟทาลีน การทำปฏิกิริยากับสารบางชนิด เช่น หินปูน โลหะทองแดง สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นต้น และจากการศึกษาทำให้ได้ข้อสรุปว่า สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง มี pH น้อยกว่า 7 ทดสอบด้วยฟีนอล์ฟทาลีนแล้วไม่มีสี เกิดปฏิกิริยากัดกร่อนหินปูน ทำปฏิกิริยากับโลหะทองแดง นำไฟฟ้าได้ และสำหรับสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส เมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน มี pH มากกว่า 7 ทดสอบ

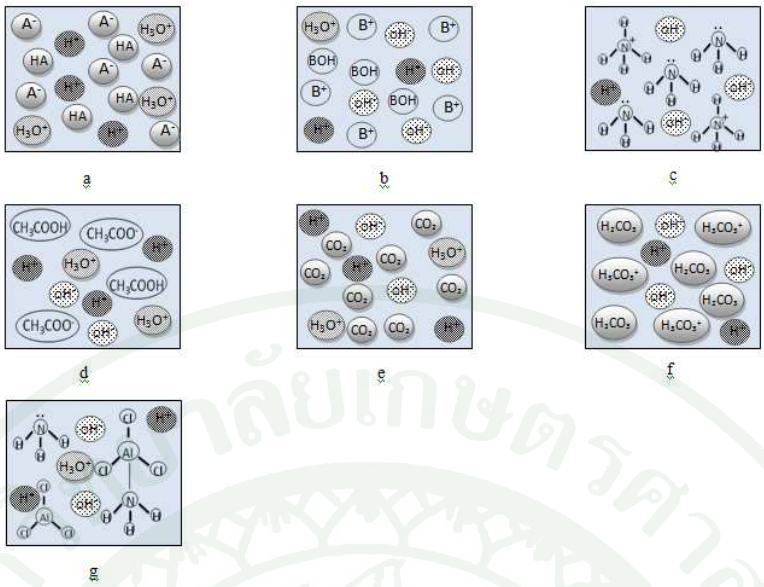
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยฟีนอล์ฟทาลีนแล้วให้สีชมพูอ่อน เกิดปฏิกิริยากับแอมโมเนียมคลอไรด์ได้แก๊สแอมโมเนีย ไม่ทำปฏิกิริยากับหินปูนและโลหะทองแดง นำไฟฟ้าได้ และส่วนใหญ่ลื่นมือ นอกจากนี้ ยังได้ร่วมกันแสดงแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนอธิบายสมบัติบางประการของสารละลายกรดและสารละลายเบสลงในแผนผังความคิดด้วย

3.3 ทฤษฎีกรด–เบส (Acid – base theories)

แบบจำลองทางความคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบส ผู้วิจัยแสดงภาพการแตกตัวของสารตัวอย่างชนิดต่างๆ แล้วให้เลือกว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบส จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนว่านักเรียนให้เหตุผลในการจำแนกสารที่เป็นกรดและเบสด้วยเกณฑ์ใด และสอดคล้องกับทฤษฎีกรด–เบสของใคร โดยพบว่าส่วนใหญ่นักเรียนจะอธิบายความเป็นกรด–เบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส สำหรับคำอธิบายที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด – ลาวรี หรือลิวอิสในการอธิบาย เช่น ภาพสาร NH_3 กับ $AlCl_3$ จะได้ว่า NH_3 เป็นเบส และ $AlCl_3$ เป็นกรด เพราะตามทฤษฎีกรด - เบสของลิวอิส ให้นิยามว่า กรดคือสารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอน และเบสคือสารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน ซึ่งในภาพแสดงการให้และรับคู่อิเล็กตรอนของสาร ดังนั้น จากรูปจะได้ว่า NH_3 ให้คู่อิเล็กตรอนแก่ $AlCl_3$ เป็นต้น ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องคือ สารที่เป็นกรด ได้แก่ สารละลาย HA ที่มีการแตกตัวให้ H^+ และ A^- บางส่วน (รูป a) สารละลาย CH_3COOH ที่มีการแตกตัวให้ CH_3COO^- และ H^+ บางส่วน (รูป d) ในสารละลายจึงยังคงมี CH_3COOH และมี H_3O^+ ที่เกิดจาก H^+ รวมตัวกับ H_2O และสารละลาย $AlCl_3$ ที่แสดงการรับคู่อิเล็กตรอนจาก NH_3 ทำให้เกิดการสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (รูป g) ส่วนสารที่เป็นเบส ได้แก่ สารละลาย BOH ที่แตกตัวให้ B^+ และ OH^- บางส่วน (รูป b) สารละลาย NH_3 ที่มี NH_4^+ และ OH^- จากการสูญเสีย H^+ ของ H_2O ให้แก่ NH_3 (รูป c) โดยสามารถแสดงเหตุผลความเป็นกรด–เบสได้ตามทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส

- จากภาพตามทฤษฎีกรด–เบสอาร์เรเนียส กรด คือ สาร HA และสาร CH_3COOH ที่เมื่อละลายน้ำได้แสดงถึงการแตกตัวให้ H^+ ของสาร HA และ CH_3COOH กลายเป็น A^-, CH_3COO^- และน้ำเป็นตัวรับ H^+ ได้เป็น H_3O^+ ส่วนเบส คือ สาร BOH ซึ่งมี OH ในโมเลกุล เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ OH^- ได้

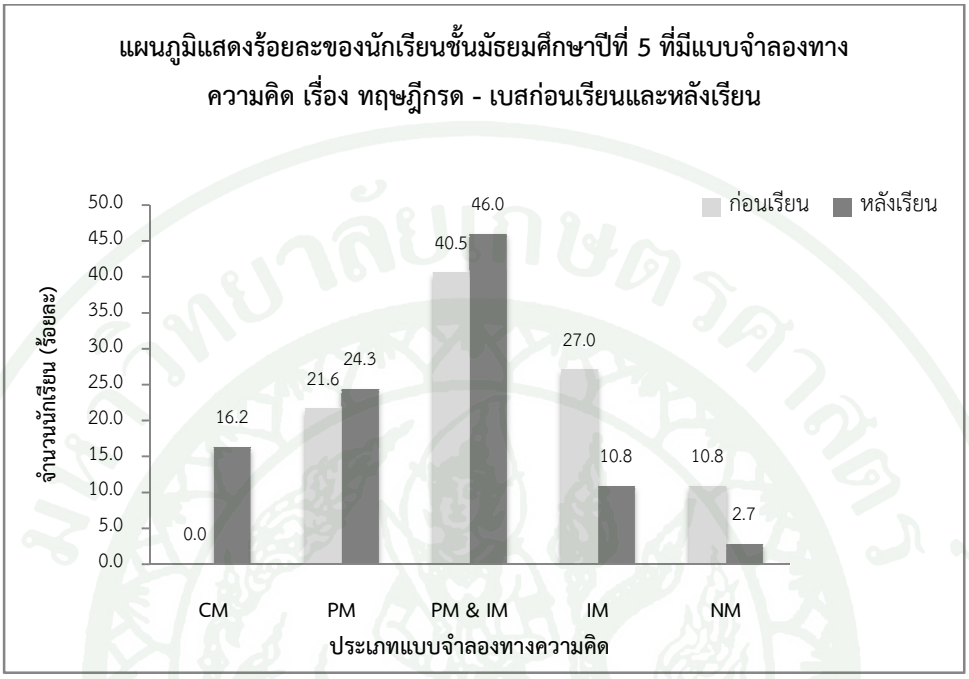
- ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ให้นิยามว่า “กรดคือสารที่ให้โปรตอน และเบสคือสารที่รับโปรตอน” จากภาพสาร HA และ CH_3COOH เป็นกรด โดย HA และ CH_3COOH แตกตัวให้ H^+ แก่น้ำ และสาร NH_3 เป็นเบสรับ H^+ กลายเป็น NH_4^+

- ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส ให้นิยามว่า “กรดคือสารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอน และเบสคือสารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน” ซึ่งภาพสาร NH_3 กับ $AlCl_3$ แสดงให้เห็นการให้และรับคู่อิเล็กตรอนของสารแล้วเกิดการสร้างพันธะ ดังนั้นจากรูปจะได้ว่า NH_3 ให้คู่อิเล็กตรอนแก่ $AlCl_3$ ดังนั้น NH_3 เป็นเบส และ $AlCl_3$ เป็นกรด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบสเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 29 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) คิดเป็นร้อยละ 46.0 และไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แล้วนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ลดลงเหลือร้อยละ 40.5 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มเป็นร้อยละ 16.2



ภาพที่ 29 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบสก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนแสดงคำตอบว่า “กรด ได้แก่ สาร HA, CH_3COOH และ CO_2 เพราะในภาพมีจำนวน $H^+ > OH^-$ ส่วนเบส ได้แก่ BOH, NH_3 และ H_2CO_3 เพราะในภาพมีจำนวน $OH^- > H^+$” รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

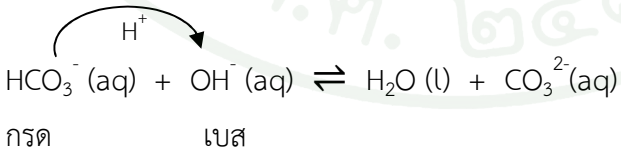
40.5 เป็นร้อยละ 46.0 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนบางคนยังมีความสับสนกับนิยามของแต่ละทฤษฎี เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบความสัมพันธ์ของแต่ละทฤษฎีว่ามีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร เพราะเหตุใดจึงต้องใช้ทฤษฎีเหล่านี้ในการอธิบาย จึงทำให้เกิดความสับสน เช่น ภาพที่ควรใช้ทฤษฎีกรด–เบสอาร์เรเนียส นักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยตอบว่า “เป็นกรด เพราะสามารถให้สารอื่นใช้โปรตอนได้” จากตัวอย่างคำตอบข้างต้น พบว่า นักเรียนสามารถเลือกภาพโดยพิจารณาการแตกตัวของสารละลายกรดและเบสที่สามารถแตกตัวให้ H^+ และ OH^- ตามลำดับ ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) และสอดคล้องกับทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียสที่ให้นิยามว่า “กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน” สำหรับคำตอบที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนระบุว่าสาร CO_2 และ $H_2CO_3^+$ เป็นกรด ซึ่งจากภาพแสดงการให้และรับ H^+ ที่ไม่ถูกต้อง เพราะนักเรียนพิจารณาเพียงปริมาณของ H^+ และ OH^- เท่านั้นในการระบุความเป็นกรด–เบสของสาร หรือภาพที่ควรใช้ทฤษฎีกรด–เบสเบรินสเตด – ลาวรี นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง โดยตอบว่า “เป็นกรด เพราะมี H_3O^+ ในปฏิกิริยา” หรือ “เป็นกรดเพราะมี H^+” แต่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.2 เพราะนักเรียนสามารถแสดงเหตุผลความเป็นกรด– เบสได้ตามทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิสได้ถูกต้อง

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมของนักเรียนเพื่อศึกษาความเป็นกรดและเบสของสารตามทฤษฎีกรด–เบส โดยให้พิจารณาชื่อสารละลายตัวอย่างต่อไปนี้ สารละลายแอซีติก สารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายไนตริก สารละลายคาร์บอนิก สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายฟอร์มิก สารละลายแอมโมเนีย จากนั้นให้นักเรียนระบุความเป็นกรด–เบส ของสารเหล่านั้นลงในใบกิจกรรมดังแสดงในภาพที่ 30 พบว่า นักเรียนจะทราบคำตอบจากชื่อสาร แต่สารบางชนิดนักเรียนไม่สามารถระบุความเป็นกรด–เบสได้หรือระบุไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงต้องพยายามให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของสารเหล่านั้นทั้งหมด เพื่อให้เห็นถึงองค์ประกอบของอะตอมในโมเลกุลก่อนถึงจะระบุความเป็นกรดและเบสของสารได้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

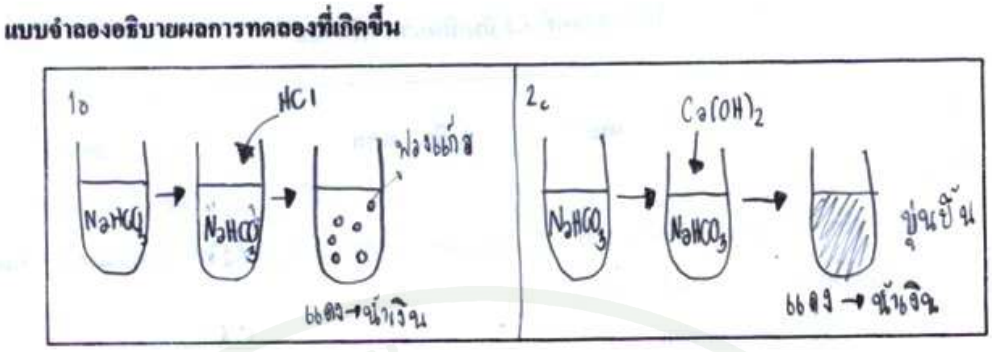
ภาพที่ 30 การจำแนกกลุ่มสารตัวอย่างที่มีสมบัติเป็นกรด กลางและเบส

นักเรียนให้คำตอบว่า สารที่เป็นกรดจะมี H เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารที่เป็นเบสส่วนใหญ่จะมี OH เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) เท่านั้น แต่ไม่สามารถระบุได้ว่า ทำไม NH_3 จึงเป็นเบส เมื่อให้นักเรียนทดสอบแบบจำลองโดยทำใบกิจกรรมที่ 3.2 เรื่องปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน โดยร่วมกันวางแผนออกแบบวิธีการทดลองเพื่อทดสอบว่าสอดคล้องกับแบบจำลองสูตรเคมีที่นำเสนอหรือไม่ หลังจากทำกิจกรรม นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายจากการทดสอบสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตด้วยกระดาษลิตมัส พบว่ามีสมบัติเป็นเบส แต่เมื่อเติมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลงในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต พบว่าได้ตะกอนสีขาวเกิดขึ้น ซึ่งเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แสดงว่าในสารละลายจะต้องมีคาร์บอเนตไอออนที่สามารถรวมตัวกับแคลเซียมไอออน ทำให้นักเรียนพบว่าในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตจะมีไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน เมื่อทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออนจากสารละลายแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ จะได้คาร์บอเนตไอออน จึงสรุปได้ว่าไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนทำหน้าที่เป็นกรด เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นนักเรียนจึงต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดจากแบบจำลองที่เป็นสูตรเคมีพัฒนาเป็นแบบจำลองโดยใช้สมการเคมีและลูกศรเพื่ออธิบายกลไกที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



นอกจากนี้นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองโดยการวาดภาพเพื่ออธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น ดังตัวอย่างภาพที่ 31

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดลอง เรื่องปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบสให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น และช่วยให้เข้าใจทฤษฎีกรด–เบสได้ดีขึ้นสอดคล้องกับอนุทินที่สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ดังตัวอย่าง

"ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสาร Amphiprotic สารที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $\quad\quad$ $HCl + H_2O \rightleftharpoons Cl^- + H_3O^+$

เบส กรด กรด เบส $\quad\quad$ กรด เบส เบส กรด

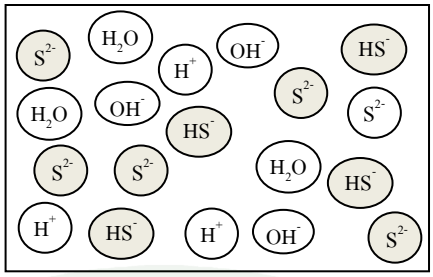
จะเห็นว่า H_2O เป็นได้ทั้งกรดและเบส กล่าวได้ว่า น้ำเป็นสาร Amphiprotic และเรียนรู้เกี่ยวกับคู่กรด – คู่เบส ทฤษฎีความเป็นกรด–เบสของลิวอิส" (st – 425 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

"ทบทวนทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด – ลาวรี และลิวอิส และได้ทำการทดลองเรื่องปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน ทำให้ทราบว่าไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนเป็นได้ทั้งกรดและเบส" (st – 430 อนุทินวันที่ 15 สิงหาคม 2554)

3.4 คู่กรด–เบส (Acid – base conjugation)

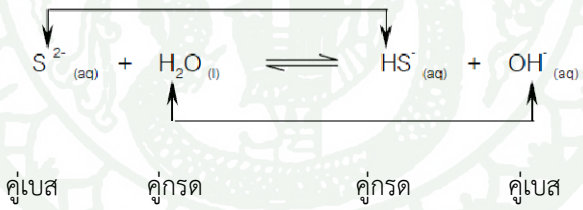
แบบจำลองทางความคิดเรื่องคู่กรด–เบส ผู้วิจัยแสดงภาพการละลายน้ำของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ซึ่งซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ละลายในน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 32

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



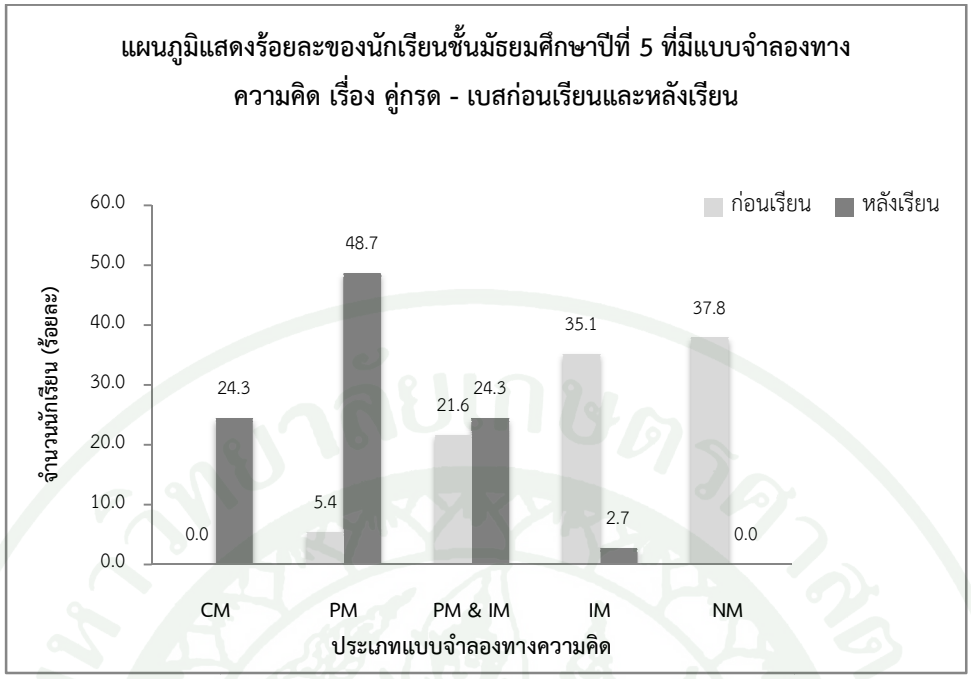
ภาพที่ 32 การละลายน้ำของซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ในน้ำ

จากนั้นให้นักเรียนระบุสารที่เป็นคู่กรด–เบสกันตามทฤษฎีกรด–เบสของเบรินสเตด – ลาวรี ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือ คำอธิบายตามทฤษฎีกรด–เบสเบรินสเตด-ลาวรี จะได้ว่า ในปฏิกิริยาไปข้างหน้า S^{2-} เป็นเบส เพราะรับโปรตอนเกิดเป็น HS^- ส่วนปฏิกิริยาย้อนกลับ HS^- เป็นกรดเพราะให้โปรตอนเกิดเป็น S^{2-} ดังนั้น HS^- และ S^{2-} จึงเป็นคู่กรด–เบสซึ่งกันและกัน โดยเรียก S^{2-} ว่าเป็นคู่เบสของ HS^- และเรียก HS^- ว่าเป็นคู่กรดของ S^{2-} สำหรับ H_2O ก็พิจารณาในทำนองเดียวกัน โดย H_2O เป็นคู่กรดของ OH^- และ OH^- เป็นคู่เบสของ H_2O ดังนั้น H_2O และ OH^- จึงเป็นคู่กรด–เบส ซึ่งกันและกัน สามารถแสดงสมการพร้อมทั้งเครื่องหมายแสดงคู่กรด-คู่เบส และระบุคู่กรด – คู่เบส ดังนี้



จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับคู่กรด–เบส เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 33 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM) เรื่องคู่กรด–เบส คิดเป็นร้อยละ 37.8 ส่วนนักเรียนที่แสดงแบบจำลองส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อน (IM) คิดเป็นร้อยละ 35.1 แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.7 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 24.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับคู่กรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับคู่กรด–เบสก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด เพราะไม่แสดงแบบจำลองหรือคำตอบใดๆ สำหรับนักเรียนที่แสดงแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) เพราะนักเรียนไม่สามารถระบุคู่กรด-เบสได้ถูกต้อง เช่น ตอบว่า “H_2S มี H^+ เป็นคู่กรดกับ S^{2-} และมีคู่เบส คือ OH^- ซึ่งจะได้ว่า H^+ และ S^{2-} เป็นสารคู่กรดคู่เบสของ H_2S” (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 3 คน) จากคำตอบนักเรียนไม่สามารถระบุคู่กรด–เบส แต่ละคู่ได้ถูกต้อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่เข้าใจความเป็นกรด–เบสตามทฤษฎีเบรินสเตด–ลาวรี ถึงแม้ว่านักเรียนบางคนจะสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ถูกต้องแต่ก็ไม่สามารถระบุสารที่เป็นคู่กรด คู่เบสได้

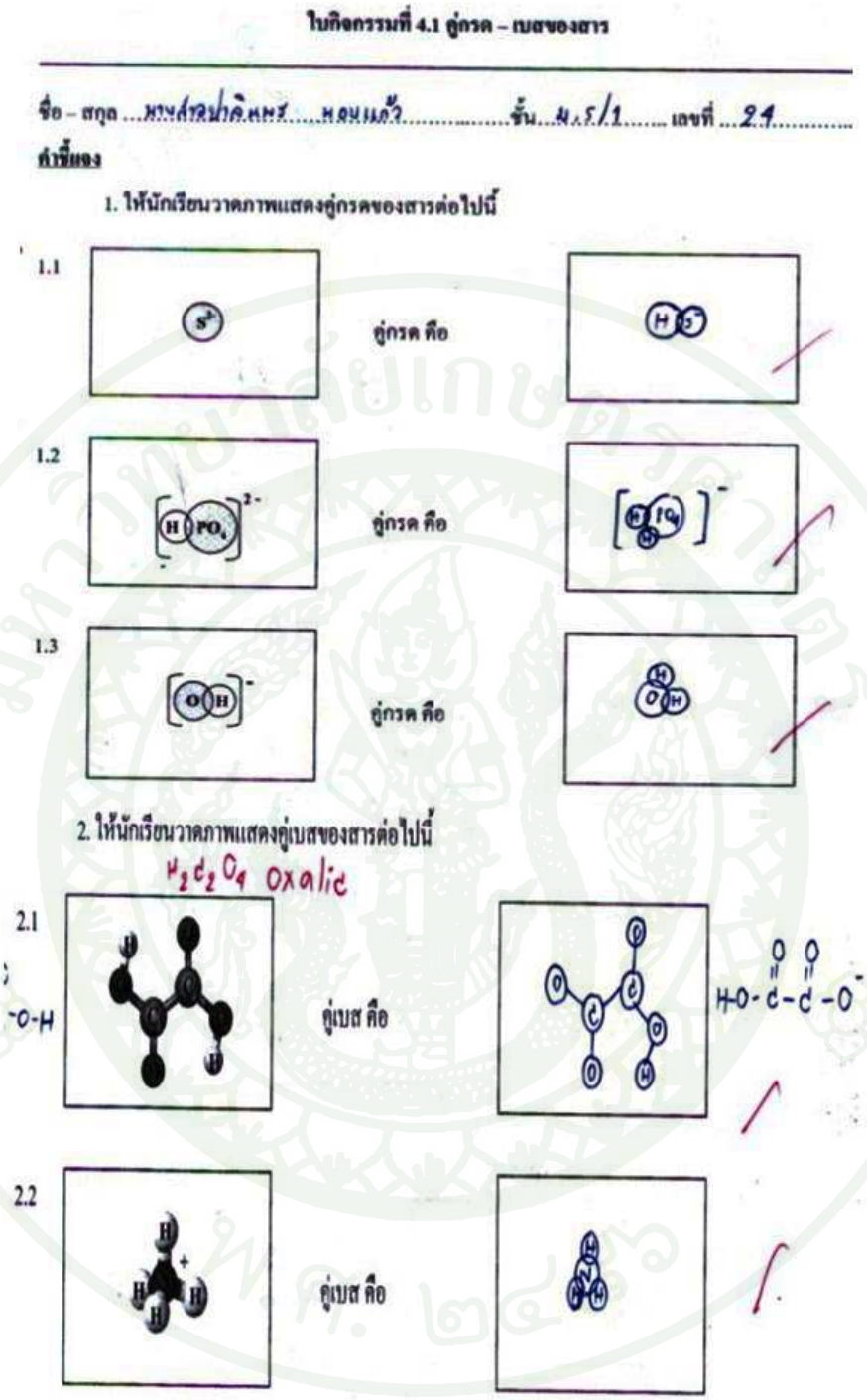
หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.7 และส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.7 ซึ่งนักเรียนแสดงคู่กรด คู่เบสของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปฏิกิริยาได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลอธิบายเพียงว่า “คู่กรด คือ H_2O คู่กับ OH^- ซึ่งเป็นคู่เบส และคู่กรด HS^- คู่กับคู่เบส S^{2-} เนื่องจากคู่กรด-เบส จะมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน โดยที่คู่กรด จะมี H^+ มากกว่าคู่เบสอยู่ 1 อะตอม” (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 6 คน) โดยนักเรียนไม่ได้พิจารณาถึงเลขออกซิเดชันของสารที่เป็นคู่กรด คู่เบสหรือบางคนไม่ได้เขียนสมการประกอบคำอธิบาย ทั้งนี้เกิดจากนักเรียนจะมีปัญหาเกี่ยวกับการแสดงประจุสุทธิของโมเลกุล เมื่อรับหรือสูญเสียโปรตอนซึ่งมีประจุเท่ากับ +1 ผู้วิจัยจึงต้องเน้นย้ำถึงการเขียนประจุสุทธิของโมเลกุลว่าจะปรากฏเป็นไอออนลบ ไอออนบวกหรือกลางเป็นเท่าไหร่

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมในขั้นสร้างแบบจำลองโดยครูนำภาพที่แสดงสิ่งของที่เป็นคู่กัน ได้แก่ ถุงเท้า รองเท้า นกฟาร์มิงโก จากนั้นถามนักเรียนว่า “สิ่งที่เป็นคู่กันมักจะมีลักษณะอย่างไรจึงจัดว่าเป็นคู่กัน” นักเรียนตอบได้ว่า ต้องมีลักษณะหรือทำหน้าที่คล้ายกันมาก แต่ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน จากนั้นเชื่อมโยงไปยังสารละลายกรด–เบส ได้แก่ สารละลายกรดแอซีติก สารละลายแอมโมเนีย สารละลายกรดไนตริก สารละลายโซเดียมแอซีเตต สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ และสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต แล้วให้นักเรียนจับคู่ว่า สารใดเป็นคู่กัน ซึ่งนักเรียนสามารถระบุสารที่เป็นคู่กันจากชื่อสารที่มีลักษณะคล้ายกันได้และแสดงสูตรเคมีในการอธิบาย แต่หลังจากการทำกิจกรรมเรื่องคู่กรด-เบสของสาร ดังภาพที่ 34 พบว่านักเรียนพัฒนาแบบจำลองในการอธิบายได้ดีขึ้นโดยมีการเชื่อมโยงความเข้าใจไปสู่แบบจำลองสัญลักษณ์เคมีมากขึ้น นั่นคือ มีการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ลูกศรในการอธิบายเพื่อโยงให้เห็นความสัมพันธ์และพบว่านักเรียนระบุได้เร็วขึ้น เพราะนักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำกิจกรรมได้อย่างถูกต้องภายในเวลา 10 นาที ในการแสดงภาพคู่กรดทำได้ถูกต้องทุกข้อ จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และการแสดงภาพคู่เบสทำได้ถูกต้องทุกข้อ จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์


ใบกิจกรรมที่ 4.1 คู่กรด – เบสของสาร

ชื่อ – สกุล ...นางสาวนาคินทร์ หอมแก้ว... ชั้น ม.5/1 เลขที่ 24

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงคู่กรดของสารต่อไปนี้

1.1 S^{2-} คู่กรด คือ HS^-

1.2 $[H_2PO_4]^{2-}$ คู่กรด คือ $[H_3PO_4]^-$

1.3 $[OH]^-$ คู่กรด คือ H_2O

2. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงคู่เบสของสารต่อไปนี้

$H_2C_2O_4$ oxalic

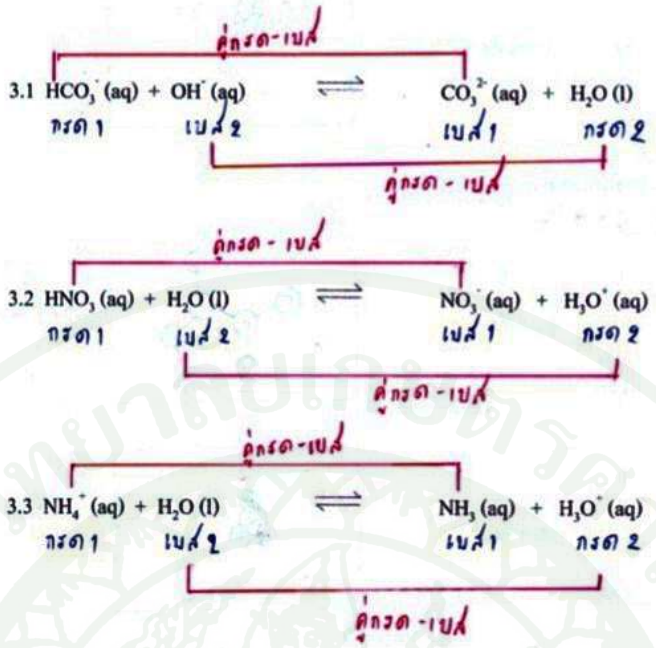
2.1 -O-H คู่เบส คือ $HO-C(=O)-C(=O)-O^-$

2.2 NH_4^+ คู่เบส คือ NH_3

ภาพที่ 34 คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรดและคู่เบสในใบกิจกรรมเรื่อง คู่กรด-เบสของสาร

และสามารถแสดงคู่กรดและเบสในปฏิกิริยาโดยใช้ลูกศรโยงความสัมพันธ์ ได้ถูกต้องจำนวน 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 35 คำตอบของนักเรียนแสดงคู่กรด-เบสในปฏิกิริยาโดยใช้ลูกศรโยงความสัมพันธ์

นอกจากนี้นักเรียนยังสะท้อนความคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ในเรื่องการแตกตัวของสารคู่กรด คู่เบส ดังอนุทินบันทึกการเรียนรู้

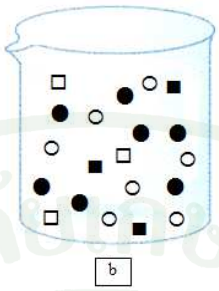
“ได้เรียนรู้ในเนื้อหาเรื่อง การแตกตัวของสารคู่กรด – คู่เบส สารบางชนิดเป็นได้ทั้งกรดและเบส ขึ้นอยู่กับว่าสารนั้นไปทำปฏิกิริยาแล้วเป็นตัวให้หรือรับโปรตอน เช่น H_2O สารที่มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส เรียกว่า แอมฟิโปรติก (Amphiprotic) หรือแอมโฟเทอริก (Amphoteric) ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการคำนวณความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^-” (st – 431 อนุทินวันที่ 22 สิงหาคม 2554)

3.5 การแตกตัวของกรด-เบส (Acid – base dissociation)

สำหรับแบบจำลองทางความคิดเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส ผู้วิจัยกำหนดปริมาณสารก่อนการละลายของ HCOOH HNO_3 และ $Ca(OH)_2$ แล้วให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงการเปลี่ยนแปลงหลังการละลายพร้อมให้เหตุผลประกอบ ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนต้องเลือกภาพแสดงการแตกตัวของสารต่างๆ ได้ถูกต้อง และพิจารณาถึงปริมาณของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้เหมาะสม นั่นคือ ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิก (HCOOH) กับน้ำที่ถูกต้อง จะต้องแสดงทุกสัญลักษณ์ของไอออนและโมเลกุลที่มีอยู่หลังการละลายและมีจำนวนปริมาณสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ ซึ่งกรดฟอร์มิก (HCOOH) เป็นกรดอ่อนเมื่อละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวให้ H^+ แก่น้ำ เกิดผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

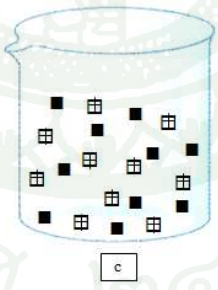
$HCOO^-$ โดย HCOOH เป็นกรดอ่อนมาก จึงแตกตัวให้ผลิตภัณฑ์ได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นอัตราส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์ $HCOO^-$ และ H_3O^+ ที่ได้จะต้องน้อยกว่าสารตั้งต้นที่มีอยู่ (ดังแสดงในภาพที่ 36)



ภาพที่ 36 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิก (HCOOH) กับน้ำที่ถูกต้อง

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ● แทน HCOOH, ○ แทน H_2O, ■ แทน $HCOO^-$, □ แทน H_3O^+

การเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กับน้ำที่ถูกต้อง จะต้องเป็นภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ H_3O^+ และ NO_3^- เท่านั้น และแสดงในปริมาณที่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากกรดไนตริก (HNO_3) เป็นกรดแก่ สามารถแตกตัวให้ H^+ หรือ H_3O^+ ได้ทั้งหมด 100% ในสารละลายจึงมีเฉพาะ H_3O^+ และ NO_3^- แตกตัวในอัตราส่วนโมล 1 ต่อ 1 เท่ากัน และจะไม่มีสารตั้งต้น HNO_3 เหลืออยู่ในสารละลาย (ดังแสดงในภาพที่ 37)



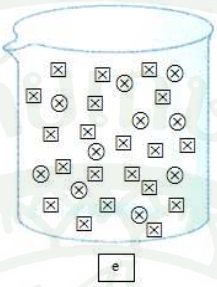
ภาพที่ 37 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กับน้ำที่ถูกต้อง

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ■ แทน H_3O^+ และ ⊞ แทน NO_3^-

และการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) กับน้ำที่ถูกต้องจะต้องเป็นภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของแคลเซียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนเท่านั้น และแสดงปริมาณของไอออนทั้งสองได้ถูกต้อง โดยแสดงปริมาณสัญลักษณ์ของแคลเซียมไอออนน้อยกว่าไฮดรอกไซด์ไอออน 2 เท่า จึงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

($Ca(OH)_2$ เป็นเบสแก่ สามารถแตกตัวให้ Ca^{2+} และ OH^- ได้ทั้งหมด 100% และไม่มีสารตั้งต้น $Ca(OH)_2$ เหลืออยู่ในสารละลาย (ดังแสดงในภาพที่ 38) นอกจากนี้สามารถเขียนสมการการแตกตัวของเบสได้ดังนี้ $Ca(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$ จากสมการจะพบว่า $Ca(OH)_2$ 1 โมล สามารถแตกตัวให้ Ca^{2+} 1 โมล และ OH^- 2 โมล ดังนั้น การแตกตัวจะต้องมีปริมาณ OH^- มากกว่า Ca^{2+} 2 เท่า

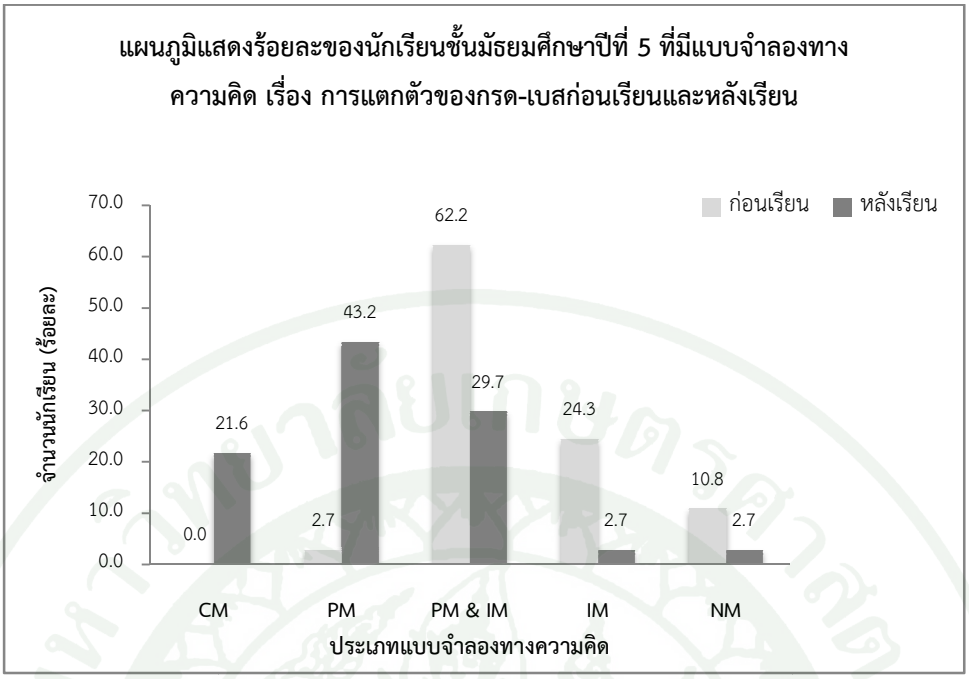


ภาพที่ 38 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กับน้ำที่ถูกต้อง

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ⊗ แทน Ca^{2+} ☒ แทน OH^-

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับการแตกตัวของกรด–เบส เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 39 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) คิดเป็นร้อยละ 62.2 และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปแล้วนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ลดลง โดยส่วนใหญ่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 43.2 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) คิดเป็นร้อยละ 21.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 39 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการแตกตัวของกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน

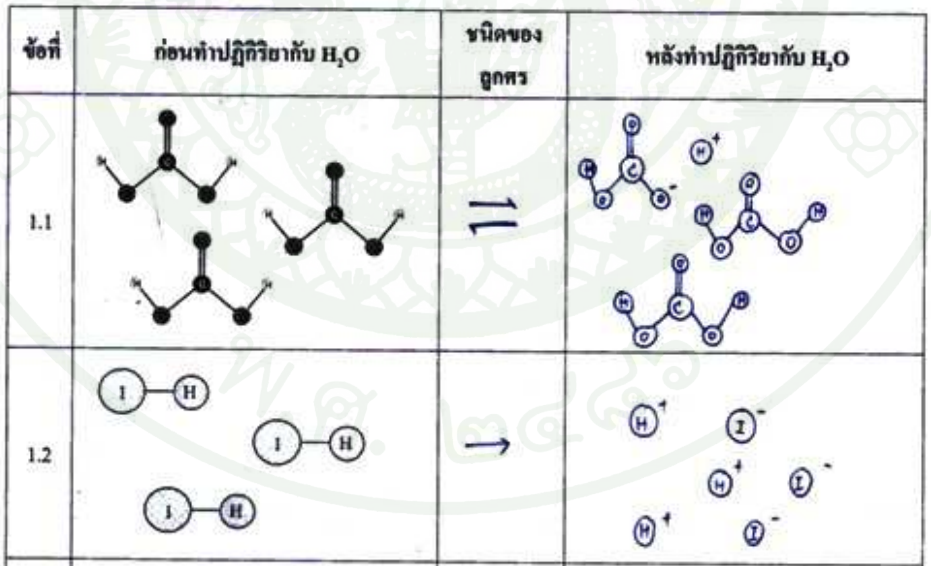
หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการแตกตัวของกรด-เบสก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับคำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่เลือกภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กับน้ำเท่านั้นที่ถูกต้อง โดยเลือกภาพสารละลายที่มีเฉพาะ H_3O^+ และ NO_3^- แตกตัวในอัตราส่วนโมล 1 ต่อ 1 เท่ากัน และจะไม่มีสารตั้งต้น HNO_3 เหลืออยู่ในสารละลาย แต่ให้เหตุผลเพียงว่า “กรดไนตริกทำปฏิกิริยากับน้ำแตกตัวเป็นไอออน H_3O^+ กับ NO_3^-” ซึ่งถือเป็นคำตอบที่สอดคล้องเพียงบางส่วน และนักเรียนยังเลือกภาพการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสไม่ถูกต้องร่วมด้วย นั่นคือ นักเรียนเลือกภาพการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิก (HCOOH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) กับน้ำไม่ถูกต้องทั้ง 2 ภาพ เพราะนักเรียนเลือกภาพที่แสดงการแตกตัวของ HCOOH ได้ผลิตภัณฑ์ 100% จึงเป็นภาพที่ไม่ถูกต้อง เพราะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

HCOOH ไม่ใช่กรดแก่และเลือกภาพแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) กับน้ำไม่ถูกต้อง เพราะเลือกภาพที่มีผลิตภัณฑ์เป็น Ca^{2+} และ OH^- แต่ยังคงมีสารตั้งต้น $Ca(OH)_2$ หลงเหลืออยู่ซึ่งไม่ถูกต้องเพราะ $Ca(OH)_2$ เป็นเบสแก่ แตกตัวได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 100% ดังนั้นจะต้องไม่มีสารตั้งต้น $Ca(OH)_2$ เหลืออยู่ในสารละลาย

หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.7 เป็นร้อยละ 43.2 ทั้งนี้เกิดจากนักเรียนเลือกภาพการแตกตัวของกรดอ่อน กรดแก่ และเบสแก่ได้ถูกต้องและมีการคำนึงถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น แต่นักเรียนไม่ได้เขียนสมการแสดงการแตกตัวของสารตัวใดตัวหนึ่งอย่างน้อย 1 ชนิด นอกจากนี้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 21.6 ซึ่งสอดคล้องกับผลการจัดกิจกรรมดังภาพที่ 40 ในขั้นขยายแบบจำลองนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองรูปภาพในการแก้โจทย์ปัญหาได้ และเมื่อมีการสัมภาษณ์ นักเรียนระบุว่า “ภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ที่อาจารย์ให้ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น มองเห็นการแตกตัวของสารละลายกรดและเบสได้ชัดเจนมากขึ้น” ซึ่งผลจากการตรวจใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนจำนวน 26 คน สามารถวาดภาพแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดและเบสได้ถูกต้อง



ภาพที่ 40 คำตอบของนักเรียนแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดและเบส

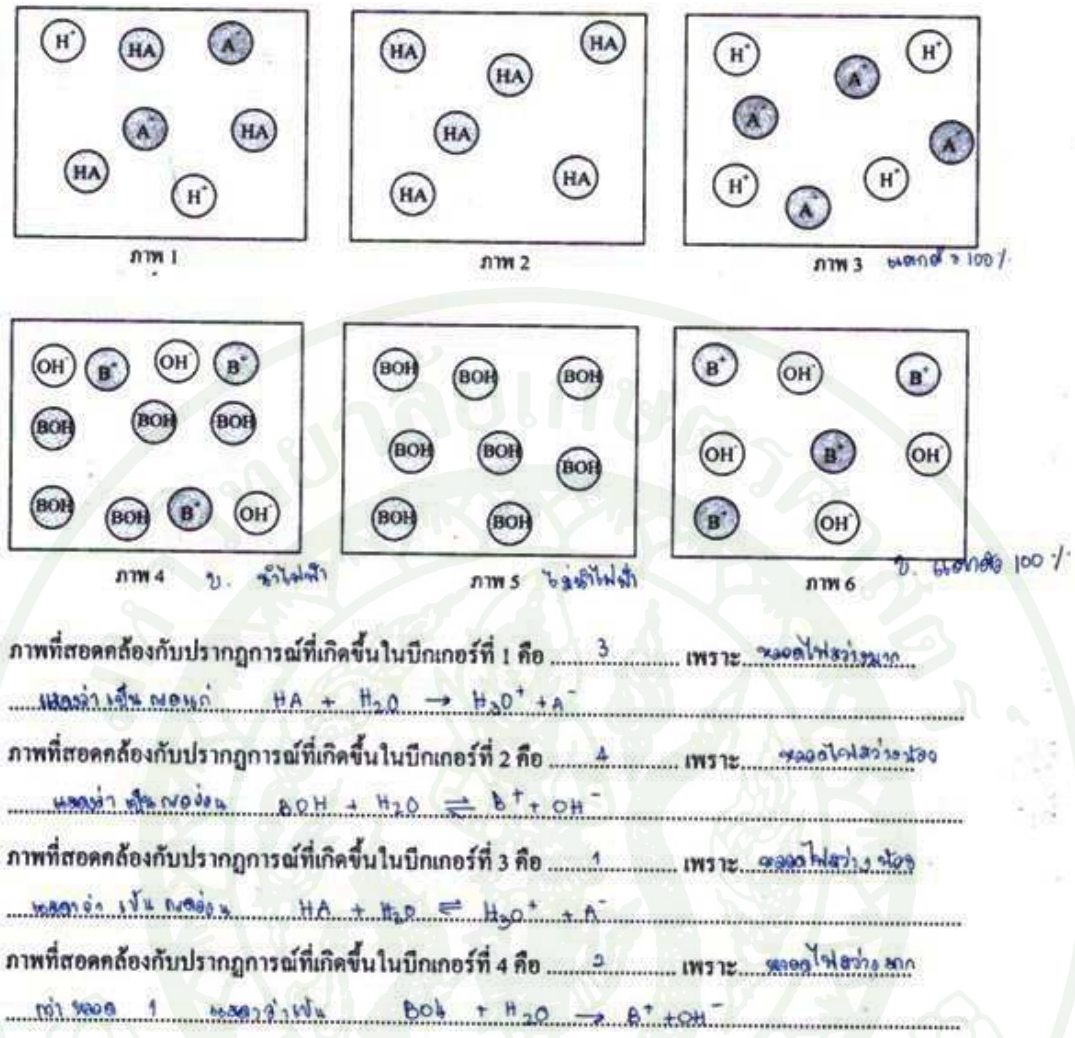
อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 29.7) มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนกลุ่มนี้สามารถเลือกภาพแสดงการแตกตัวของกรดแก่ กรดอ่อนและเบสแก่ได้ถูกต้อง แต่เลือกภาพแสดงอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์และสารตั้งต้นไม่ถูกต้อง เช่น การทำปฏิกิริยาระหว่าง $Ca(OH)_2$ กับ H_2O จะได้ปริมาณ Ca^{2+} เท่ากับ OH^- ซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง คือ ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณแคลเซียมไอออนน้อยกว่าไฮดรอกไซด์ไอออน 2 เท่า จึงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$ เป็นเบสแก่ สามารถแตกตัวให้ Ca^{2+} และ OH^- ได้ทั้งหมด 100% และไม่มีสารตั้งต้น $Ca(OH)_2$ เหลืออยู่ในสารละลาย

นอกจากนี้ ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมในขั้นสร้างแบบจำลองจากการสาธิตการทดลองโดยจุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในสารละลาย 4 ชนิดที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์ หมายเลข 1 – 4 (หมายเลข 1 กรดแก่ 2 เบสแก่ 3 กรดอ่อน และ 4 เบสอ่อน) ซึ่งนักเรียนสามารถระบุได้ว่าถ้าสารที่นำไฟฟ้าได้จะต้องสอดคล้องกับภาพที่แสดงการแตกตัวของสาร (ภาพที่ 41) ส่วนความเป็นกรดหรือเบสจะสังเกตว่ามีไฮโดรเจนไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนตามลำดับอยู่หรือไม่ และยังพบว่า นักเรียนได้แสดงคำตอบที่สามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์โดยใช้สมการทางเคมีอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค (การแตกตัวเป็นไอออนของกรด–เบส) และระดับมหภาค (ระดับความสว่างของหลอดไฟ) ได้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

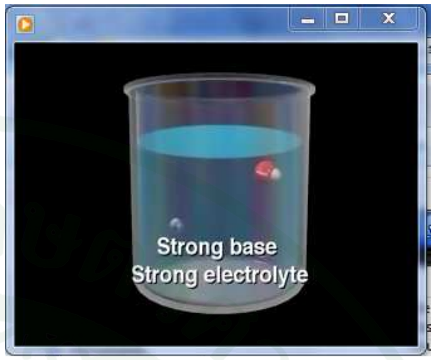


ภาพที่ 41 คำตอบของนักเรียนแสดงปรากฏการณ์จากการสาธิตการทดลองเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส

และการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้มีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นเกิดขึ้นหลังจากนักเรียนได้ศึกษาการแตกตัวของกรดและเบส จากแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ เรื่อง Aqueous Acids in Action และ Aqueous Bases in Action โดยนักเรียนสามารถอภิปรายได้ว่า กรดและเบสต่างก็มีการแตกตัวแตกต่างกัน 2 ชนิด กรดชนิดแรกสามารถแตกตัวให้ H^+ ออกไปและไม่เกิดการจับตัวกันใหม่ ในขณะที่กรดอีกชนิดเมื่อแตกตัวให้ H^+ ไปแล้ว H^+ ยังสามารถกลับมารวมตัวเป็นโมเลกุลได้อีก เช่นเดียวกับเบสที่ความเป็นเบสแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ เบสชนิดที่แตกตัวให้ OH^- ทั้งหมดและไม่กลับมารวมตัวกันใหม่ ชนิดที่ 2 เบสรับ H^+ จาก H_2O และ H^+ อาจสูญสียกลับไปเป็น H_2O ได้อย่างเดิม ดังนั้น นักเรียนจึงพัฒนาแบบจำลองแสดงการแตกตัวของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน และเบสอ่อน โดยใช้สมการแสดงปฏิกิริยาได้ถูกต้องมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถเขียนลูกศร ⟶ แสดงปฏิกิริยาของกรดแก่และเบสแก่ที่แตกตัวให้ไอออนได้ 100% และเขียนลูกศร ⇌ แสดงปฏิกิริยาที่เกิดการแตกตัวย้อนกลับของกรดอ่อนและเบสอ่อนได้



"Aqueous Acids in Action" "Aqueous Bases in Action"

ภาพที่ 42 คลิปวีดิโอการแตกตัวของกรดและเบส เรื่อง "Aqueous Acids in Action" และ "Aqueous Bases in Action"

จะเห็นว่าแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ ทำให้มองเห็นการแตกตัวของกรดและเบสได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากแสดงในรูปการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติจึงนำมาปรับปรุงแบบจำลองที่ได้สร้างในขั้นการสร้างแบบจำลองให้ดีขึ้น ซึ่งนักเรียนได้สะท้อนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมนี้ ดังตัวอย่างอนุทินของนักเรียน

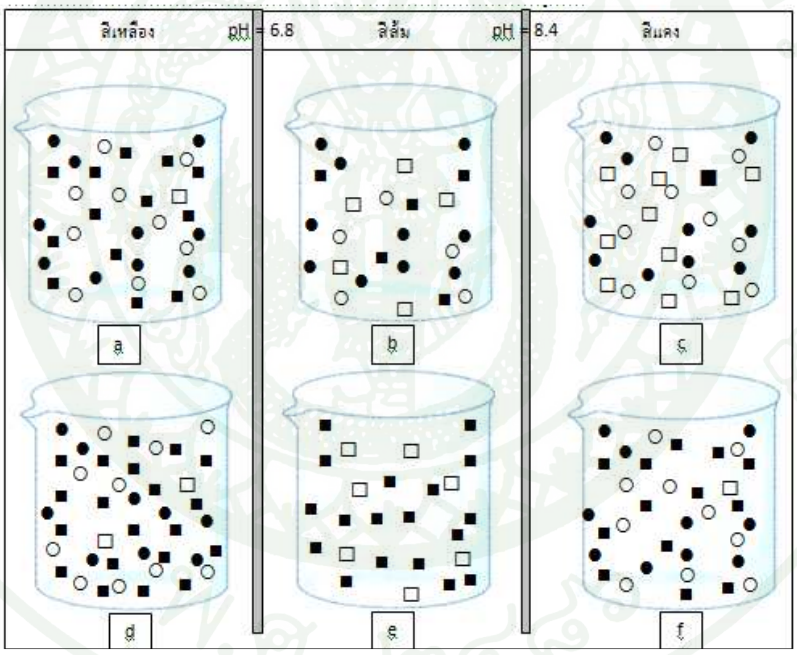
"สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ คือ เรื่องการแตกตัวของกรด–เบส ได้คำนวณหาค่า k_a, k_b และได้คำนวณหาความเข้มข้นของกรดและเบสต่างๆ ได้ดูคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดอ่อน กรดแก่ เบสอ่อน และเบสแก่ ทำให้เห็นภาพและเข้าใจมากยิ่งขึ้นเพราะเป็นภาพเคลื่อนไหว มีสีสันและมีคำอธิบายถึงแม้จะเป็นภาษาอังกฤษ แต่ก็เข้าใจได้" (st – 416 อนุทินวันที่ 13 กันยายน 2554)

"ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสารที่เป็นกรดและเบส ทำให้รู้เกี่ยวกับการแตกตัวของกรด–เบส รู้จักกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ เบสอ่อน การไฮโดรลิซิส ซึ่งกิจกรรมการทดลองและการสร้างแบบจำลองภาพทำให้เข้าใจมากยิ่งขึ้นและชัดเจนขึ้น ได้คำนวณหาค่า pH pOH ความเข้มข้นของกรดและเบสต่างๆ" (st – 431 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 อินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส (Indicator for acid and base)

สำหรับแบบจำลองทางความคิดเรื่องอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส ผู้วิจัยแสดงสมการ $HIn\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons In^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$ และกำหนดสัญลักษณ์ของโมเลกุลและไอออนตามสมการ จากนั้นระบุการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด ช่วง pH 6.8 – 8.4 คือ สีเหลือง – สีแดง แล้วถามว่าเมื่อเติมกรดไนตริกลงไป ภาพใดแสดงความเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน คือ ภาพอินดิเคเตอร์ที่ประกอบด้วย HIn, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีอัตราส่วนปริมาณ HIn ต่อปริมาณ In^- มากกว่า 10 เท่า ซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองในช่วงกรดได้ เพราะเมื่อเติมกรดไนตริกลงไป จะแตกตัวให้ H_3O^+ ทำให้ปริมาณ H_3O^+ ในสารละลายมีมากขึ้น ระบบจะปรับปริมาณสารให้เข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ (a และ d ในภาพที่ 43)



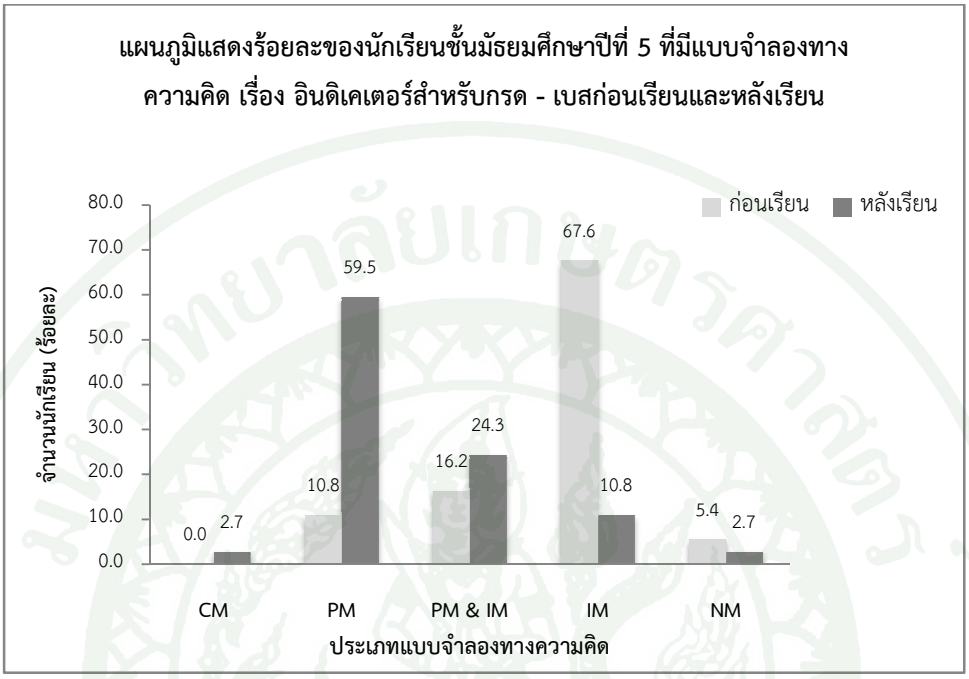
ภาพที่ 43 ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ● แทน H_3O^+ ○ แทน H_2O ■ แทน HIn □ แทน In^-

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบสเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 44 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ (IM) คิดเป็นร้อยละ 67.6 และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไปแล้วนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10.8 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็นร้อยละ 59.5

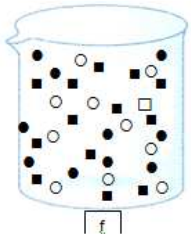


ภาพที่ 44 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

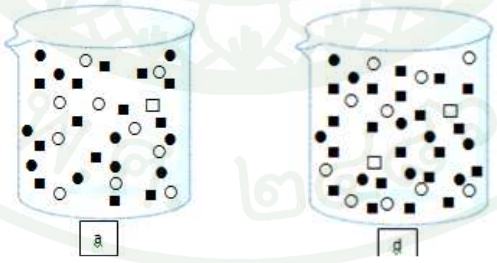
แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบสก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ซึ่งคำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) เพราะนักเรียนเลือกภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ HIn, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีปริมาณของ HIn และ H_2O มากกว่าปริมาณของ H_3O^+และ In^- (ภาพที่ 45) โดยเป็นภาพที่แสดงอยู่ในช่วงของอินดิเคเตอร์ที่มีสีแดง เพราะเติมกรดเข้าไปในสมการ $HIn(aq)+H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In^-$ แล้วปฏิกิริยาย้อนกลับ ทำให้ H_3O^+และ In^- ลดลง แต่ HIn, H_2O เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 45 ภาพแสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และมีปริมาณของ Hln และ H_2O มากกว่าปริมาณของ H_3O^+และ In^- โดยเป็นภาพที่แสดงอยู่ในช่วงของอินดิเคเตอร์ที่มีสีแดง

หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.7 เป็นร้อยละ 59.5 และมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10.8 สำหรับคำตอบที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) มากที่สุด เช่น นักเรียนตอบว่า “เลือกภาพที่แสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และแสดงอัตราส่วนปริมาณ Hln ต่อปริมาณ In^- ได้ถูกต้อง ซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองในช่วงกรดได้ เพราะเมื่อเติมกรด จะทำให้ปริมาณ H_3O^+ ในสารละลายมีมากขึ้น ระบบจะปรับโดยการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับซึ่งจะทำให้ปริมาณสารตั้งต้น นั่นคือ Hln และ H_2O มีมากขึ้น แต่ปริมาณ In^- จะลดลง” แต่นักเรียนยังไม่มีการระบุว่าปริมาณที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง จะต้องมีปริมาณของ Hln $\geq$ In^- 10 เท่า (ภาพที่ 46)



ภาพที่ 46 ภาพแสดงสัญลักษณ์ของ Hln, In^-, H_2O และ H_3O^+ ครบทั้ง 4 ชนิด และแสดงอัตราส่วนปริมาณ Hln ต่อปริมาณ In^- ได้ถูกต้อง โดยเป็นภาพที่แสดงในช่วงของอินดิเคเตอร์สีเหลือง

ซึ่งการที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนมากขึ้น เนื่องจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ลูกปัดแสดงแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ ส่งผลให้นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส คือ สารที่ใช้ตรวจสอบความเป็นกรด–เบสของสารละลาย สีของอินดิเคเตอร์ที่ปรากฏ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Hln และ In^- ในสารละลาย การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายจะทำให้สมดุลถูกรบกวนรวมทั้งความเข้มข้นของ HIn และ In^- เปลี่ยนแปลงไปด้วย” และเนื่องจากการทดลองและการสร้างแบบจำลองเป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสี ทำให้นักเรียนสนุกและเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

นอกจากนี้ ยังพบว่านักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 24.3) มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน เนื่องจากนักเรียนเลือกภาพที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์หลังจากเติมกรดลงไปเล็กน้อยว่าทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีส้ม ซึ่งภาพที่แสดงการเปลี่ยนแปลงเป็นสีส้ม มีอัตราส่วนของ HIn และ In^- ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์รูปกรดและรูปเบสไม่ถูกต้อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนบางส่วนสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับที่สังเกตได้เท่านั้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคหรือจุลภาค นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้ง 3 ระดับได้

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมของนักเรียนเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสีอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบสโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการถามความรู้เดิมเกี่ยวกับวิธีการระบุความเป็นกรด–เบสของสารเพื่อนำไปสู่การสาธิตการทดลองการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายฟีนอลเรด (ฟีนอลเรดเปลี่ยนสีช่วง pH 6.8 – 8.4 เหลือง – แดง) ในสารละลายที่กรด เบส และกลาง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองอธิบายผลการสังเกต โดยนำลูกปัดสีต่างๆ ซึ่งติดหมุดไว้ไปติดลงในรูปบีกเกอร์ในช่วงสารละลายที่เป็นกรด กลาง เบส ว่ามีไอออนใดอยู่ในสารละลายบ้าง และจะให้ลูกปัดแต่ละสีแทนไอออนต่างๆ ดังนี้ ลูกปัดสีแดงแทน HIn สีน้ำเงินแทน In^- ลูกปัดลายไม่มีสีแทน H_3O^+ และลูกปัดใสไม่มีสีไม่มีลายแทน OH^- พบว่า นักเรียนใช้เวลานานมากในการพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลอง และไม่มีกลุ่มใดที่พิจารณาถึงจำนวนแต่ละโมเลกุลหรือไอออนที่เหมาะสมในการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

จากนั้นผู้วิจัยนำสมการการเกิดปฏิกิริยาของอินดิเคเตอร์ เพื่อนำไปสู่การอภิปรายได้ดังนี้

$$\underset{\text{รูปกรด}}{HIn(aq)} + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + \underset{\text{รูปเบส}}{In^-(aq)}$$

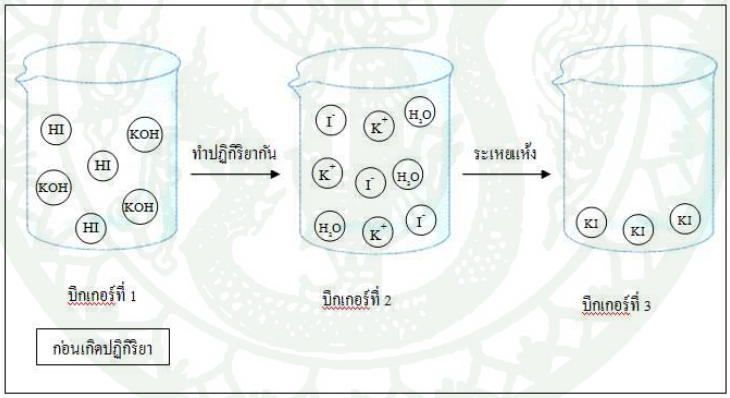
สีของอินดิเคเตอร์ที่ปรากฏ ขึ้นอยู่กับความเข้มเข้นของ HIn และ In^- ในสารละลาย การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย จะทำให้สมดุลนี้ถูกรบกวนรวมทั้งความเข้มข้นของ HIn และ In^- เปลี่ยนแปลงไปด้วย สมมติให้ HIn มีสีแดง และ In^- มีสีเหลืองในกรณีที่อินดิเคเตอร์นี้อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของ H_3O^+ มาก H_3O^+ จะทำปฏิกิริยากับ In^- เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ HIn เกิดขึ้นมาก ถ้าในสารละลายมี HIn เข้มข้นสูงกว่า In^- 10 เท่า สารละลายจะมีสีแดง แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของ OH^- มาก OH^- จะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ทำให้ H_3O^+ ลดลง HIn จะทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปฏิกิริยากับ H_2O เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ In^- เกิดขึ้นมาก ถ้า In^- เข้มข้นสูงกว่า HIn 10 เท่า สารละลายจะมีสีเหลือง แสดงว่าการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย

3.7 ปฏิกิริยาของกรดและเบส (Reaction of acid and base)

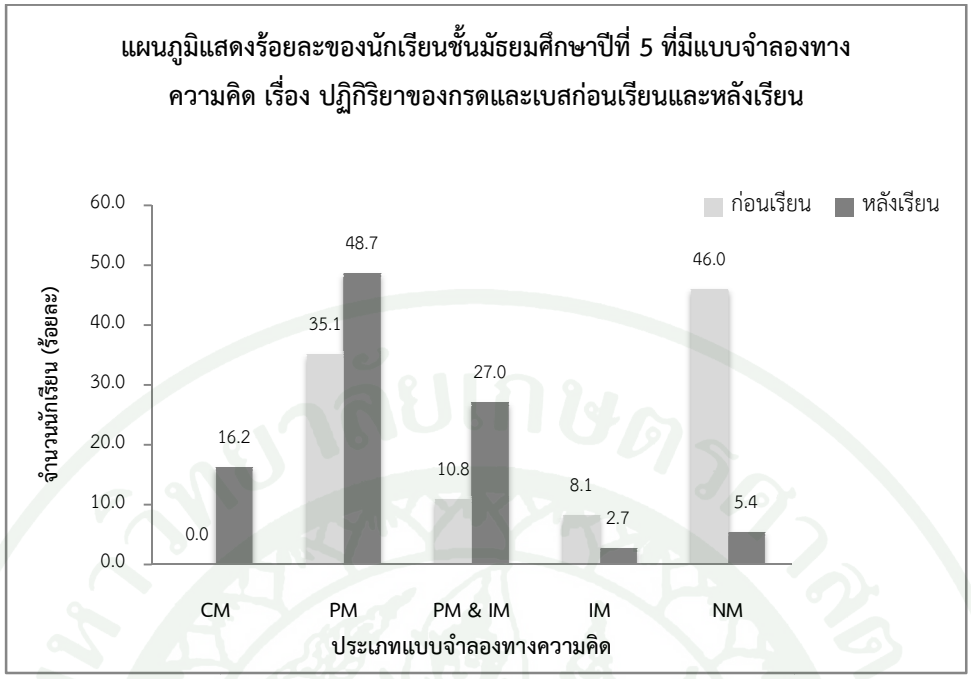
สำหรับแบบจำลองทางความคิดเรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบส ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนจะต้องวาดภาพแสดง KI และ H_2O ในบีกเกอร์ โดยคำนึงถึงจำนวนอนุภาคของสารได้ถูกต้องเหมาะสม และสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาในรูปของสัญลักษณ์ทางเคมีได้ว่า HI + KOH $\longrightarrow$ KI + H_2O ดังแสดงในภาพที่ 47



ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยาของกรดและเบส เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 48 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM) คิดเป็นร้อยละ 46.0 รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) คิดเป็นร้อยละ 35.1 และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้วนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็นร้อยละ 48.7 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 48 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาของกรดและเบสก่อนเรียนและหลังเรียน

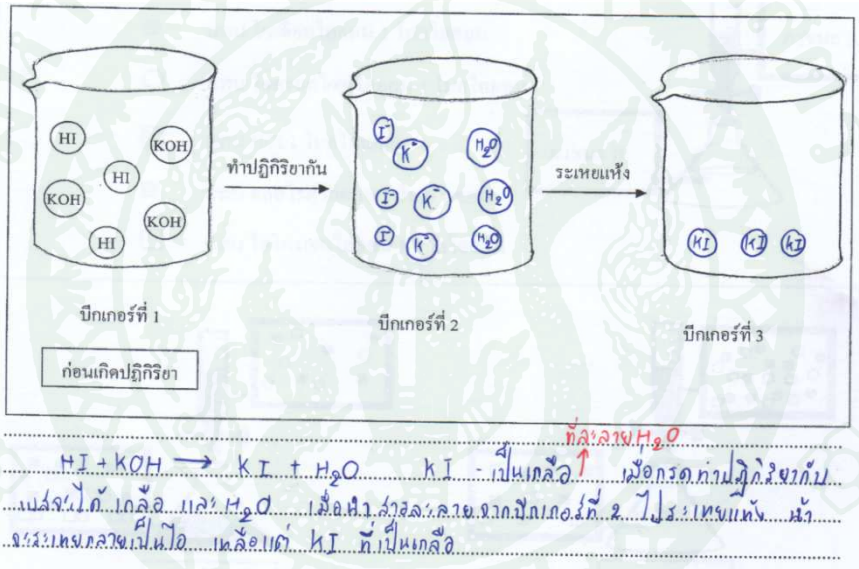
หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาของกรดและเบสก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด เนื่องจากนักเรียนไม่วาดภาพและไม่เขียนแสดงข้อความใดๆ รองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ทั้งนี้เพราะนักเรียนไม่วาดรูปใดๆ แต่เขียนสมการและให้เหตุผลได้ว่า $KOH + HI \longrightarrow KI + H_2O$ เมื่อระเหยแห้งจะเกิดตะกอน KI ที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นจะเห็นว่า การวาดภาพแสดงแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยายังไม่สอดคล้องเนื่องจากนักเรียนวาดจำนวนอนุภาคของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ถูกต้อง

หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 35.1 เป็นร้อยละ 48.7 และมีนักเรียนร้อยละ 16.2 ที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องสามารถวาดรูปแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ได้ถูกต้องและวาดจำนวนอนุภาคของสารผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องครบถ้วน ดังภาพที่ 49 พร้อมทั้งเขียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมการดังนี้ $KOH + HI \longrightarrow KI + H_2O$ เมื่อระเหยแห้งจะเหลือเพียงตะกอนของ KI (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 6 คน) อย่างไรก็ตามพบว่า ยังมีนักเรียนบางส่วนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักเรียนสามารถวาดภาพแสดงผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) ได้และมีสัดส่วนที่ถูกต้อง แต่นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาของกรดแก่กับเบสแก่ไม่ถูกต้องร่วมด้วย เพราะนักเรียนเขียนลูกศรแบบไปกลับทั้งสองทาง (⇌) แทนการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งลูกศรแบบไปกลับทั้งสองทาง (⇌) จะใช้แทนสมการในปฏิกิริยาของกรดอ่อนกับเบสอ่อนเท่านั้นตามหลักการเขียนสมการเคมีในเรื่องสมดุลเคมี ดังนั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนบางส่วนมีความรู้เดิมเรื่องสมดุลเคมีคลาดเคลื่อน จึงไม่สามารถนำความรู้มาต่อยอดในเรื่องกรด–เบสได้



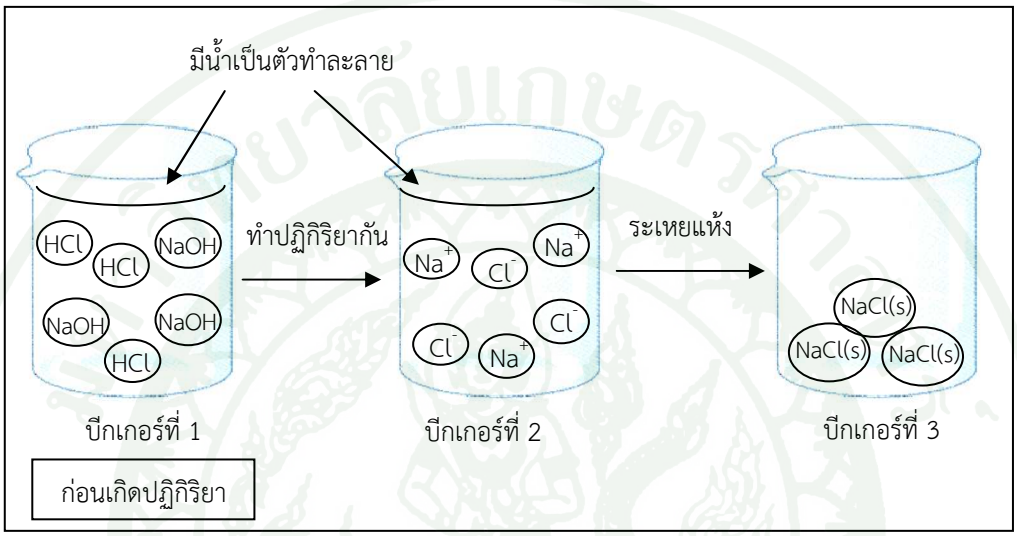
ภาพที่ 49 คำตอบของนักเรียนแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมเมื่อกำหนดให้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ทำปฏิกิริยากัน และสารทั้งสองมีจำนวนโมลเท่ากัน จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาสิ่งที่คิดว่าจะเกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 2 และบีกเกอร์ที่ 3 หลังจากนำสารละลายที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไประเหยแห้ง โดยให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายการเปลี่ยนแปลงและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น และทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสและทดสอบสมบัติของเกลือที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในใบกิจกรรมที่ 7.2 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกับสารละลายเบส กิจกรรมที่ 7.3 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด และกิจกรรมที่ 7.4 เรื่องการวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

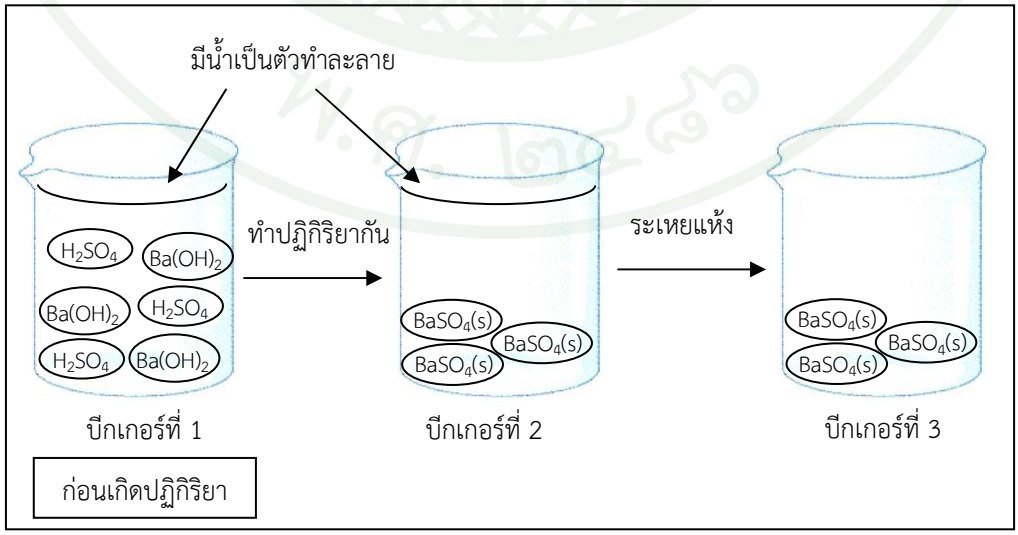
ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลองการทำปฏิกิริยาของกรดและเบส ได้ดังนี้

กรณีที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันได้เกลือที่ละลายน้ำ จะแสดงแบบจำลองได้ดังนี้



ภาพที่ 50 แบบจำลองของการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้เกลือที่ละลายน้ำ

กรณีที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันได้เกลือที่ไม่ละลายน้ำ เช่น สารละลาย H_2SO_4 กับ $Ba(OH)_2$ จะแสดงแบบจำลองได้ดังนี้



ภาพที่ 51 แบบจำลองของการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้เกลือที่ไม่ละลายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และจากกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้

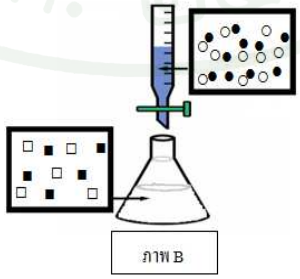
“ได้เรียนรู้และได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการทำปฏิกิริยาของกรดและเบส ได้เห็นผลของการทำปฏิกิริยาที่ได้เกลือและไม่ได้เกลือจากการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสแต่ละคู่ และยังได้ทดสอบสมบัติของเกลือจากการไฮโดรลิซิสด้วย” (st – 422 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

“ตั้งแต่ได้เรียนมากับอาจารย์ หนูก็ได้รับความรู้มากมายในเรื่องกรด–เบส ได้ทำการทดลองเยอะมาก อาจารย์ได้ทบทวนเรื่องที่เรียนมาอย่างสม่ำเสมอ และได้วาดภาพประกอบสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลองการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสแต่ละคู่ ทำให้เข้าใจชัดเจนขึ้นและมองเห็นการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาคยิ่งขึ้น ทำให้เวลาคำนวณเรานึกถึงปริมาณของสารที่อยู่ในบีกเกอร์ได้ถูกต้องขึ้น” (st – 425 อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554)

3.8 การไทเทรตกรด–เบส (Acid – base titration)

สำหรับแบบจำลองทางความคิดเรื่องการไทเทรตกรด–เบส ผู้วิจัยกำหนดจำนวนโมลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐาน และจำนวนโมลของสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) แล้วให้นักเรียนเลือกภาพที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละระยะของการไทเทรต คือ ระยะเริ่มต้น ระยะก่อนถึงจุดยุติ ระยะที่จุดยุติ และระยะหลังจุดยุติ ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือ

1. จุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต สอดคล้องกับภาพที่แสดงสัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+, OH^- บรรจุในบิวเรตต์ และ H^+, Cl^- บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยที่สารทั้งสองยังแยกกันอยู่คนละภาชนะไม่มีการปะปนกัน (ภาพที่ 52) และสารละลายในขวดรูปชมพู่ยังไม่มีสีเกิดขึ้น

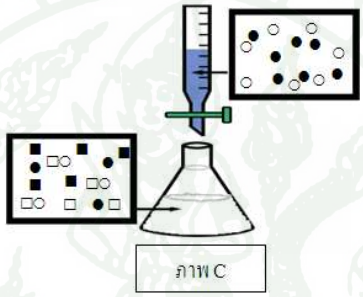


ภาพที่ 52 แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะจุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ที่จุดเริ่มต้นของการไทเทรตมีสารละลาย NaOH 10 โมลโมเลกุล ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐานจะถูกบรรจุในบิวเรตต์ ส่วนสารที่ต้องการหาปริมาณ คือ สารละลาย HCl มี 5 โมลโมเลกุล บรรจุในขวดรูปชมพู่ เนื่องจากสารละลาย NaOH และ HCl เป็นเบสแก่และกรดแก่ ตามลำดับ ในสารละลายทั้งสองจึงเกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบแยกจากกัน 100%

2. ก่อนถึงจุดยุติ สอดคล้องกับภาพที่แสดงสัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+, OH^- บรรจุในบิวเรตต์ และ H^+, Cl^- บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยที่ในขวดรูปชมพู่มี Na^+และ OH^- ปะปนลงไปเล็กน้อย (น้อยกว่าปริมาณ H^+และ Cl^- ที่บรรจุอยู่) (ภาพที่ 53) และสารละลายในขวดรูปชมพู่ยังไม่มีสีใดๆ เกิดขึ้น

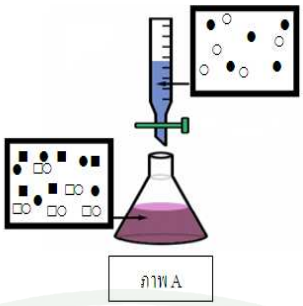


ภาพที่ 53 แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะก่อนถึงจุดยุติ

- ก่อนถึงจุดยุติ สาร NaOH ทำปฏิกิริยากับ HCl บางส่วน (น้อยกว่า 5 โมลโมเลกุล) และ H^+ กับ OH^- บางส่วนรวมกันได้โมเลกุลของน้ำ ส่วน Na^+ และ Cl^- กระจายอยู่ในสารละลาย

3. ที่จุดยุติ สอดคล้องกับภาพที่แสดงสัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+, OH^- บรรจุในบิวเรตต์ และ H^+, Cl^- บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยที่ในขวดรูปชมพู่มี Na^+และ OH^- ปะปนลงไปในขวดรูปชมพู่จนมีปริมาณไอออนเท่ากับปริมาณ H^+และ Cl^- ที่บรรจุอยู่ (ภาพที่ 54) และสารละลายในขวดรูปชมพู่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ซึ่งสามารถสังเกตได้

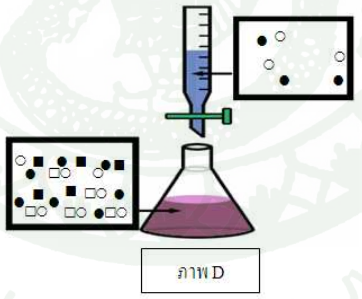
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 54 แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะจุดยุติ

- ที่จุดยุติ สารละลาย NaOH ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย HCl 5 โมลโมเลกุล ในบิวเรตต์จึงยังคงมี Na^+ และ OH^- หลงเหลืออยู่ 5 โมลโมเลกุล ส่วน H^+ และ OH^- รวมกันได้โมเลกุลของน้ำ 5 โมลโมเลกุล

4. หลังจุดยุติ สอดคล้องกับภาพที่แสดงสัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+, OH^- บรรจุในบิวเรตต์ และ H^+, Cl^- บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยในขวดรูปชมพู่มี Na^+และ OH^- ปะปนลงไปจนมีปริมาณไอออนมากกว่าปริมาณ H^+ และ Cl^- ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ (ภาพที่ 55) และสารลายในขวดรูปชมพู่ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงสีที่สามารถสังเกตได้



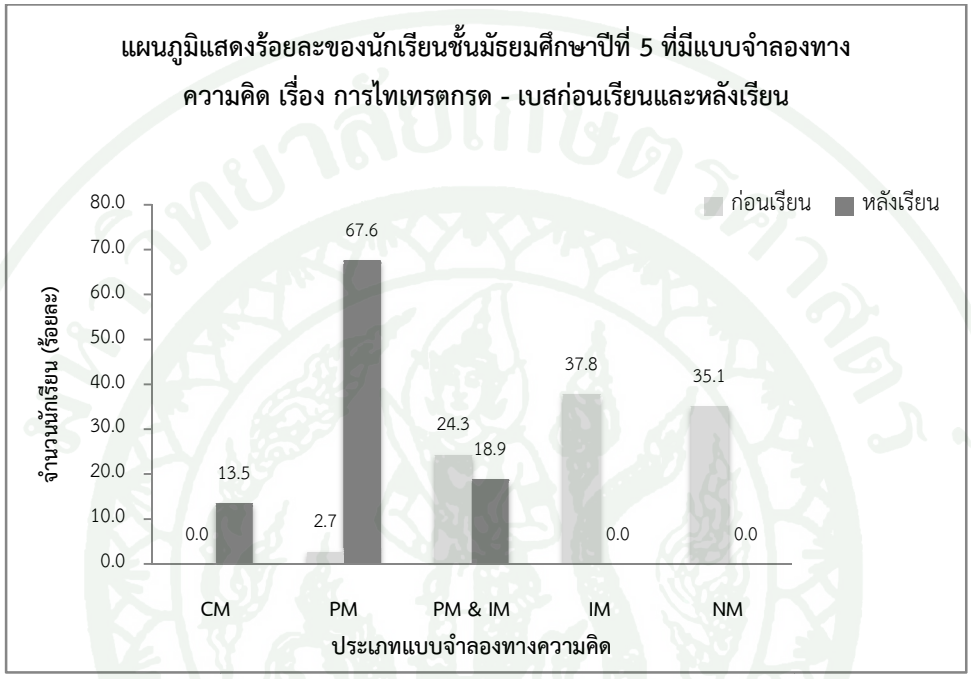
ภาพที่ 55 แบบจำลองแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะหลังจุดยุติ

- หลังจุดยุติ สารละลาย NaOH ถูกเติมลงมากเกินพอทำให้มี OH^- หลงเหลือในขวดรูปชมพู่ และมีปริมาณ Na^+ มากกว่า Cl^-

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับการไทเทรตกรด–เบส เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 56 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (IM) มากที่สุดร้อยละ 37.8 และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 67.6 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 13.5 และเป็นที่น่าสังเกตว่าหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนเชิงวิทยาศาสตร์ (IM) หรือไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM)

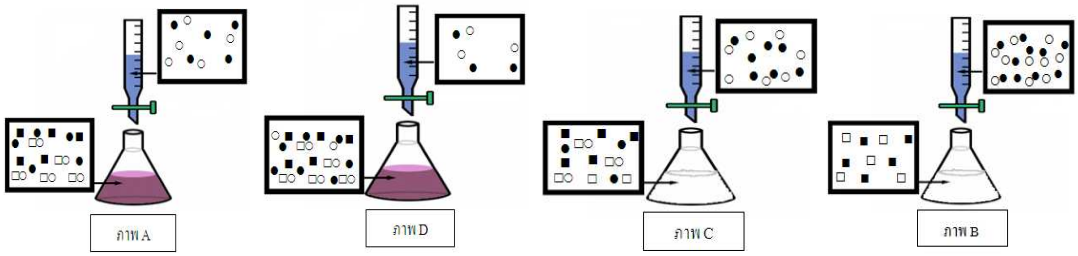


ภาพที่ 56 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการไทเทรตกรด–เบสก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการไทเทรตกรด–เบสก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) และมีนักเรียนบางส่วน ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM) เนื่องจากไม่ได้เลือกภาพและไม่เขียนคำตอบใดๆ สำหรับคำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) คือ นักเรียนเลือกภาพที่แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่ระยะจุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต ระยะก่อนถึงจุดยุติ ระยะที่จุดยุติ และระยะหลังจุดยุติไม่ถูกต้องตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 57 (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 5 คน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



จุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต ก่อนถึงจุดยุติ ที่จุดยุติ หลังจุดยุติ

ภาพที่ 57 แบบจำลองของนักเรียนแสดงสัญลักษณ์ของ NaOH และ HCl ที่ระยะต่างๆ ของการไทเทรต

หมายเหตุ: ⊗ แทน NaOH 1 โมลโมเลกุล ● แทน Na^+ 1 โมลไอออน ○ แทน OH^- 1 โมลไอออน ☒ แทน HCl 1 โมลโมเลกุล ■ แทน Cl^- 1 โมลไอออน □ แทน H^+ 1 โมลไอออน

จากตัวอย่างคำตอบแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) พบว่า นักเรียนเลือกภาพที่แสดงกลไกการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในบิวเรตต์และในขวดรูปชมพู่ที่ระยะต่างๆ ของการไทเทรตไม่ถูกต้องทุกระยะ และนักเรียนไม่ให้เหตุผลที่เลือกตอบ ซึ่งเฉพาะที่จุดยุตินักเรียนจะทราบว่าปริมาณสารจะเท่ากันแต่ไม่สามารถเลือกภาพที่ถูกต้องได้ แต่ภายหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.7 เป็นร้อยละ 67.6 และไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดหรือมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำตอบที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เป็นคำตอบที่นักเรียนเลือกภาพที่ระยะเริ่มต้นก่อนการไทเทรต ระยะก่อนถึงจุดยุติ ที่จุดยุติ และระยะหลังจุดยุติได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลยังไม่ครบถ้วน เช่น ระบุเหตุผลที่จุดยุติได้เพียงว่า “สารในขวดรูปชมพู่ มีจำนวนโมลของสารทั้งสองเท่ากัน” แต่ไม่ได้ระบุถึงสีที่เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อถึงจุดยุติ ซึ่งเป็นข้อสังเกตสำคัญที่เกิดขึ้นจากการไทเทรต

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการไทเทรตสารละลายกรด–เบสโดยครูใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนว่า “ถ้าเราทราบปริมาตรและความเข้มข้นของสารหนึ่ง เราจะหาความเข้มข้นของสารอีกชนิดหนึ่งที่ทำปฏิกิริยากันได้หรือไม่ โดยอาศัยปริมาตรที่ได้จากการทดลอง” ซึ่งนักเรียนตอบว่าได้ โดยคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของสารจากการหาอัตราส่วนที่สารทั้งสองทำปฏิกิริยากันพอดี จากนั้นเทียบบัญญัติไตรยางศ์หรือใช้สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$ ในการคำนวณ และในขั้นการทดสอบแบบจำลองนักเรียนได้ทำกิจกรรมเรื่องการไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่และการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด–เบส ซึ่งทำให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองโดยการใช้

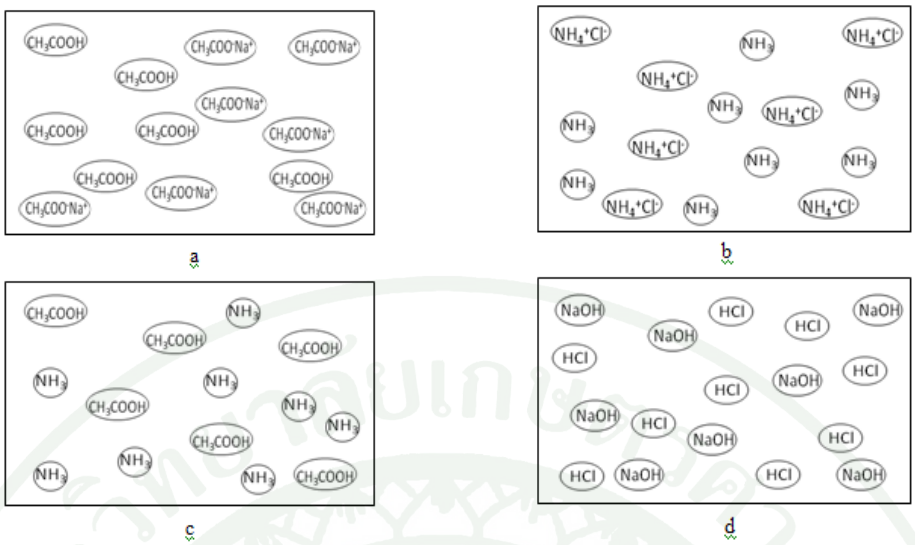
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กราฟของการไทเทรต (Titration curve) มาช่วยในการสร้างความเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาค คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของสารละลายมาตรฐานในบิวเรตต์และการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ที่จุดยุติ โดยใช้กราฟของการไทเทรตมาช่วยในการคำนวณ ทำให้สามารถสร้างความเข้าใจที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค คือการเปลี่ยนแปลงไอออนต่างๆ ในบิวเรตต์และในขวดรูปชมพู่ได้ถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณสารที่ทำปฏิกิริยากันในเนื้อหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์อีกด้วย

3.9 สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution)

สำหรับแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ ผู้วิจัยให้นักเรียนเลือกภาพที่แสดงปรากฏการณ์เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อยแล้วทำให้ค่า pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ภาพสารละลายผสมของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนและภาพสารละลายผสมของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน เนื่องจากลักษณะของปรากฏการณ์ที่เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อยแล้ว ทำให้ค่า pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เป็นสมบัติที่เกิดขึ้นเมื่อสารละลายเกิดจากการผสมระหว่างกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น ซึ่งภาพ a เป็นการผสมของสารละลายกรดอ่อน CH_3COOH กับ $CH_3COO^-Na^+$ ซึ่งเป็นเกลือของกรดอ่อน CH_3COOH ส่วนภาพ b เป็นการผสมของสารละลายเบสอ่อน NH_3 กับ $NH_4^+Cl^-$ ซึ่งเป็นเกลือของเบสอ่อน NH_3 สารละลายจากภาพทั้งสองจะช่วยควบคุมความเป็นกรดเบสของสารละลายเพื่อไม่ให้เปลี่ยนไปมากเมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย นั่นคือ รักษาระดับ pH ของสารละลายไม่ให้เปลี่ยนแปลง

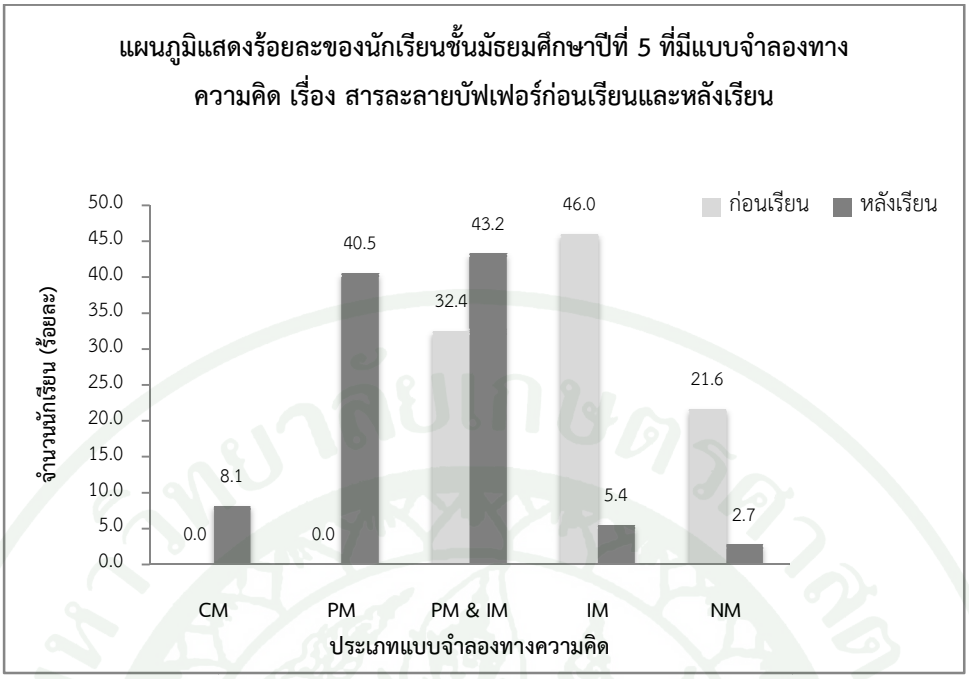
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 58 ภาพแสดงแบบจำลองทางความคิดในข้อคำถามเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 59 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (IM) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.0 รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) คิดเป็นร้อยละ 32.4 และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) หรือสอดคล้องบางส่วน (PM) แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้ว พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 40.5 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) เป็นร้อยละ 8.1 โดยนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 5.4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

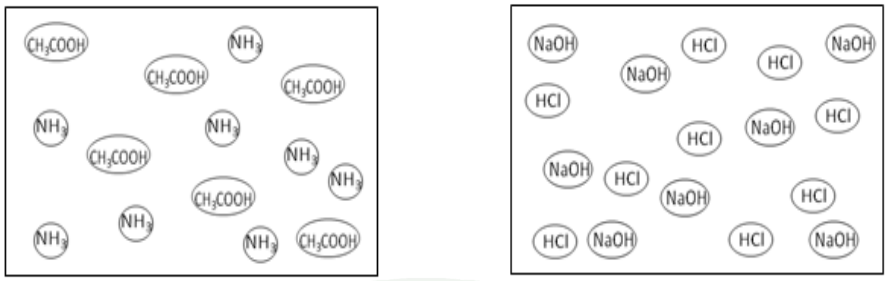


ภาพที่ 59 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

หมายเหตุ: CM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง PM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน PM & IM = แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน IM = แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง NM = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) เพราะนักเรียนเลือกภาพสารละลายผสมของกรดอ่อน CH_3COOH กับเบสอ่อน NH_3 และภาพสารละลายผสมของกรดแก่ HCl กับเบสแก่ NaOH (ภาพที่ 60) ซึ่งเป็นภาพที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลว่า “เพราะเป็นสารที่มีความเป็นกรด เบสค่อนข้างใกล้เคียงกัน” (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 6 คน) รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 60 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์

ภายหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 32.4 เป็นร้อยละ 43.2 โดยนักเรียนเลือกภาพสารละลายผสมของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนได้ถูกต้องว่าเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ แต่เลือกภาพสารละลายผสมของกรดอ่อนกับเบสอ่อนเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ร่วมด้วย และให้เหตุผลว่า เพราะสารละลายผสมของ CH_3COOH กับ CH_3COONa เมื่อเติมกรดลงไปจะถูกสะเทินด้วยคู่เบสได้ CH_3COOH แต่ถ้าเติมเบสลงไปจะถูกสะเทินด้วยกรดได้ CH_3COONa ส่วนสารละลายผสมของ CH_3COOH กับ NH_3 ถ้าเติมกรดลงไปจะถูกสะเทินด้วยเบสได้ $NH_4^+Cl^-$ แต่ถ้าเติมเบสจะถูกสะเทินด้วยกรดได้ NH_3 (จำนวนนักเรียนที่ตอบ 3 คน) นอกจากนี้พบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 40.5 และมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) คิดเป็นร้อยละ 8.1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่า “สารละลายบัฟเฟอร์มีสมบัติในการต้านทานความเป็นกรดและเบสได้เป็นอย่างดี เมื่อเติมกรดแก่หรือเบสแก่ลงไปเพียงเล็กน้อย โดย pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งสารละลายบัฟเฟอร์ประกอบด้วยสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้นหรือสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น”

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการศึกษาเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์โดยครูสร้างสถานการณ์เกี่ยวกับสารปริศนา 4 ชนิดและมีการทดสอบสารทั้ง 4 โดยการเติมกรด HCl และสารละลาย NaOH ลงในสารละลายซึ่งทำให้สารละลายปริศนาที่ 1 (สารละลายCH_3COOH) 2 (สารละลาย CH_3COONa) และ 4 (สารละลาย HCl) มีการเปลี่ยนแปลงสี แต่สารละลายปริศนาที่ 3 (สารละลายผสมของ CH_3COOH และ CH_3COONa) ไม่เปลี่ยนสี เพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันว่าเป็นเพราะเหตุใด ซึ่งนักเรียนสามารถระบุเพียงว่าเพราะการเติมกรด HCl ลงไปจะทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ เปลี่ยนไป แต่สารปริศนาที่ 3 สามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ H_3O^+ ได้จึงทำให้สารละลายไม่เปลี่ยนสี จากนั้นให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มๆ ร่วมกันอภิปรายและสร้างแบบจำลองที่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีการเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย โดยนักเรียนต้องร่วมกันนำเสนอว่าสารละลายที่มีสมบัติดังกล่าวควรจะมีลักษณะอย่างไร ซึ่งนักเรียนจะตั้งสมมติฐานและทดสอบแบบจำลองจนได้ข้อสรุปว่าแบบจำลองสารละลายที่สามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายจากการทดลอง เป็นแบบจำลองของสารละลายผสม ระหว่างสารที่เป็นคู่กรด–เบสกัน ในที่นี่นักเรียนจึงเลือกสารระหว่าง CH_3COOH และ $CH_3COO^-Na^+$ ซึ่งมีในห้องปฏิบัติการ

นักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นภาพและแบบจำลองสัญลักษณ์ของปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวแทนความเข้าใจในสารละลายอื่นๆ ได้มากขึ้น ดังนี้

กรณีสารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยกรดอ่อนกับเกลือของกรดนั้น

สมมติว่ากรดอ่อนมีสูตรทั่วไปเป็น HA และเกลือกรดอ่อนนั้นคือ A^- สารละลายผสมนี้จะมีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ เพราะเมื่อเติมสารละลายกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย pH จะค่อนข้างคงที่ดังนี้

เมื่อเติมกรดลงไป เกลือของกรดจะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ไอออน ดังสมการ

$$A^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons HA(aq) + H_2O(l)$$

เมื่อเติมเบสลงไป กรดอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ไอออน ดังสมการ

$$HA(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_2O(l)$$

จะพบว่า ความเข้มข้นของ HA และ A^- ในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นเดิม อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของ HA และ A^- จึงมีค่าเกือบคงที่ มีผลทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ เกือบคงที่ด้วย หรือกล่าวได้ว่า pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่ามีค่าคงที่ สารละลายผสมของ HA กับ A^- จึงสามารถควบคุม pH ของสารละลายให้เกือบคงที่ได้เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย ซึ่งกรณีของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนก็สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกัน

กรณีสารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยเบสอ่อนกับเกลือของเบสนั้น

สมมติว่าเบสอ่อนมีสูตรทั่วไปเป็น B และเกลือเบสอ่อนนั้นคือ BH^+ สารละลายผสมนี้จะมีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ เพราะเมื่อเติมสารละลายกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย pH จะค่อนข้างคงที่ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเติมกรดลงไป เบสอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ไอออน ดังสมการ

$$B\ (aq)\ +\ H_3O^+\ (aq)\ \rightleftharpoons\ BH^+\ (aq)\ +\ H_2O\ (l)$$

เมื่อเติมเบสลงไป เกลือของเบสจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ไอออน ดังสมการ

$$BH^+\ (aq)\ +\ OH^-\ (aq)\ \rightleftharpoons\ B\ (aq)\ +\ H_2O\ (l)$$

จะพบว่า ความเข้มข้นของ BH^+ และ B ในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นเดิม อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของ BH^+ และ B จึงมีค่าเกือบคงที่ มีผลทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ เกือบคงที่ด้วย หรือกล่าวได้ว่า pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่ามีค่าคงที่ สารละลายผสมของ BH^+ กับ B จึงสามารถควบคุม pH ของสารละลายให้เกือบคงที่ได้เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย จึงเรียกสารละลายนี้ว่า **สารละลายบัฟเฟอร์**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อวิจารณ์

การวิจัยระยะที่ 1

การสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model) และแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) ซึ่งเป็นแบบจำลองในระดับมหภาคที่สามารถสังเกตได้ เช่น ภาพการกัดกร่อน เป็นแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ และภาพการแตกตัวให้ H^+ เป็นแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ ซึ่งสามารถระบุได้ว่าภาพทั้งสองมีสมบัติเป็นกรด และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบส การไทเทรตกรด–เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดเรื่องกรด–เบสที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องโครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี ซึ่งนักเรียนอาจมีความรู้เดิมไม่เพียงพอเกี่ยวกับทฤษฎีกรด–เบส จึงทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน และเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมในระดับอนุภาค แต่การสอนของครูที่ผ่านมาไม่ได้เน้นให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาถึงระดับอนุภาค ดังนั้นนักเรียนจึงไม่สามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ระดับ และไม่สามารถเลือกใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบริบทได้ รองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ในแนวคิดเรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส และปฏิกิริยาของกรดและเบส ตามลำดับ ดังเห็นได้จากการที่นักเรียนสามารถระบุได้ว่า เมื่อเติมกรดลงไปในสารละลายกรดและเบส จะทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีไปในทางที่มีอินดิเคเตอร์รูปกรดมากขึ้น แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าสาเหตุที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนนั้นมาจากการที่นักเรียนขาดแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอนุภาค รวมทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์อื่นๆ กับแนวคิดเรื่องกรด–เบสได้ จึงทำให้ไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา (ชาตรี ฝ่ายคำตา และคณะ, 2549; เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550 และ Van Driel, 2002)

นอกจากนี้ แนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อน (IM) มากที่สุด ได้แก่ แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส ตามลำดับ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าแนวคิดทั้ง 2 ดังกล่าวเป็นแนวคิดที่นักเรียนได้ผ่านการเรียนรู้มาแล้วในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และได้ทำกิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับการทดสอบสมบัติของสารละลายในด้านการนำไฟฟ้าเพราะเป็นกิจกรรมการทดลองที่ทำได้ง่ายและเห็นผลที่สังเกตได้อย่างชัดเจน รวมทั้งการทดสอบเกี่ยวกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบสที่กิจกรรมการทดลองให้ทดสอบอินดิเคเตอร์ต่างๆ ทั้งอินดิเคเตอร์สังเคราะห์และอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติและจากการสอบถามนักเรียน พบว่านักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ในช่วงกรด–เบสต่างๆ ได้ ดังนั้นผลการวิจัยทำให้ทราบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมา นักเรียนถูกเน้นย้ำให้อธิบายและเข้าใจแนวคิดในระดับที่สามารถสังเกตได้เท่านั้น โดยให้อภิปรายสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับมหภาคเพียงอย่างเดียว ไม่มีการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับที่สังเกตได้ไปยังการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค จึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคหรือระดับจุลภาค (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2549; เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550; Chandrasegaran and Treagust, 2008; Ozmen, 2008 และ Pedrosa and Dias, 2000)

สำหรับแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับมากที่สุด (CM) ได้แก่ แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนเพิ่งผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานในการพิจาณาเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส เพราะถ้านักเรียนเข้าใจในเรื่องสมดุลเคมี นักเรียนจะสามารถอธิบายการแตกตัวของกรด-เบสว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นสามารถผันกลับได้หรือไม่ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง เป็นต้น และสำหรับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบสเป็นเรื่องที่นักเรียนได้เรียนมาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและได้ลงมือปฏิบัติการทดลองทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงจึงเข้าใจสมการการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสเป็นอย่างดีว่า กรด + เบส $\rightarrow$ เกลือ + น้ำ และนอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและแนวคิดการไทเทรตกรด–เบส ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (CM) ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นเนื้อหาที่เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาคและเป็นนามธรรมมากจึงทำให้เข้าใจได้ยาก (Johnstone, 2000) รวมทั้งแนวคิดดังกล่าวยังสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับแนวคิดเคมีอื่นๆ เช่น เรื่องโครงสร้างอะตอม นักเรียนต้องใช้เป็นพื้นฐานในการเขียนโครงสร้างอะตอมเพื่อที่จะเข้าใจในทฤษฎีกรด–เบสของลิวอิส ซึ่งนักเรียนต้องเขียนโครงสร้างของสารได้เพื่อที่จะได้รู้ว่าสารนั้นสามารถให้หรือรับอิเล็กตรอน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ นักเรียนต้องใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณเรื่องการแตกตัวของกรดและเบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส หรือการไทเทรตกรด–เบส ส่วนเรื่องสมดุลเคมี นักเรียนใช้เป็นพื้นฐานในการคิดเรื่องการแตกตัวของกรด–เบส เรื่องปฏิกิริยาเคมี หรือการไทเทรตกรด–เบส เพราะถ้านักเรียนเข้าใจในเรื่องสมดุลเคมี นักเรียนจะสามารถอธิบายการแตกตัวของกรด–เบสว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นสามารถผันกลับได้หรือไม่ นักเรียนจะสามารถอธิบายได้ว่าการเปลี่ยนสีของสารเกิดจากอะไร เป็นต้น แต่นักเรียนก็ยังมีความเข้าใจไม่ถ่องแท้ในเรื่องเหล่านั้น และเมื่อต้องเรียนเรื่องกรด–เบสก็ทำให้เกิดความสับสนในเรื่องทฤษฎีกรด–เบส เรื่องการแตกตัวของกรดและเบส เรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบส และเรื่องการไทเทรตกรด–เบส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Margarita *et al*. (2005) ที่พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องกรด–เบสเป็นผลมาจากความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องสมดุลเคมีและเรื่องโครงสร้างอะตอม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิจัยระยะที่ 2

จากผลการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model) เช่น แนวคิดเรื่องสมบัติของสารละลายกรดและเบส นักเรียนสามารถระบุได้ว่า ภาพการกัดกร่อน การนำไฟฟ้าของมะนาว เป็นสารที่มีสมบัติเป็นกรด เพราะเป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้ในระดับมหภาคและรับรู้จากสิ่งแวดล้อม โดยภาพการกัดกร่อน เป็นกรดที่แสดงแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ในละครที่มีการสาดน้ำกรดทำลายผิวหนังบนใบหน้าและเป็นอันตราย เป็นต้น และนักเรียนบางส่วนมีแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) โดยเฉพาะเรื่องทฤษฎีกรด – เบส ซึ่งเป็นแบบจำลองในระดับมหภาคที่สามารถสังเกตได้ว่า สูตรโมเลกุลต่างๆ มี H หรือ OH เป็นองค์ประกอบหรือไม่ เช่น ระบุได้ว่า $Mg(OH)_2$ เป็นเบส เพราะมี OH เป็นสัญลักษณ์ในสูตรโมเลกุล จึงสามารถแตกตัวให้ OH^- ได้จึงมีสมบัติเป็นเบส เป็นต้น อีกทั้งยังพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) มากที่สุดในแนวคิดเรื่องอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส สารละลายบัฟเฟอร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และการไทเทรตกรด–เบส ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจเกิดจากนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมาก่อน ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องกรด–เบสที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการไทเทรตกรด–เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี ฝ่ายคำตาและคณะ (2549) ที่พบว่าการที่นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือไม่มีแนวคิดได้ และผลการศึกษายังพบว่าไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Khan (2007) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองคุณสมบัติโดยทั่วไปของกรด–เบสหรือเป็นสัญลักษณ์ของกรด–เบส และมีบางส่วนที่คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้อง เช่น กรดเป็นของเหลว หรือมีอันตราย เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ในเรื่องการแตกตัวของกรด–เบส สมบัติของสารละลายกรดและเบส และทฤษฎีกรด–เบส ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนในเรื่องสมบัติของสารละลายกรดและเบส อาจเนื่องมาจากแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์เป็นสิ่งที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันและได้เรียนตั้งแต่อยู่ชั้นประถมศึกษา ทำให้สามารถแยกแยะได้ว่าสารมีความเป็นกรดหรือมีความเป็นเบส เช่น นักเรียนบอกได้ว่า น้ำส้มสายชูหรือมะนาว มีความเป็นกรด และสบู่หรือผงฟู มีความเป็นเบส นักเรียนสามารถบอกคุณสมบัติทั่วไปของกรด–เบสได้ เช่น กรดเป็นสิ่งที่มีรสเปรี้ยว เบสเป็นสิ่งที่มีรสฝาด เป็นต้น แต่แบบจำลองเชิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์ นักเรียนเพิ่งได้เรียนตอนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งอาจจะทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furio – Mas *et al*. (2005) ที่พบว่านักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับคุณสมบัติของกรด–เบส ดังนั้นครูผู้สอนควรจะมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทั่วไปของกรด–เบสก่อนที่จะมีการสอนทฤษฎีกรด–เบส เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ และสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากสื่อต่างๆ เช่น สื่อโทรทัศน์ที่มีการถ่ายทอดให้เห็นว่ากรดเป็นสิ่งที่มีอันตราย เป็นต้น อาจจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในเรื่องกรด–เบส ดังนั้นครูควรจะทราบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้ปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiu and Lin (2007) ที่พบว่าสื่อก็มีผลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า แนวคิดทุกเรื่องนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ที่นักเรียนยังอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเรื่องกรด–เบสเป็นเรื่องที่เป็นนามธรรมไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง นักวิทยาศาสตร์จึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสิ่งเหล่านั้น นักเรียนอาจมีความเข้าใจไม่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลอง จึงทำให้ไม่เข้าใจในเรื่องกรด–เบสด้วย จึงทำให้นักเรียนไม่รู้ว่าแบบจำลองมีข้อจำกัดเนื่องจากไม่ใช่วัตถุจริง ดังนั้นในเรื่องกรด–เบส ซึ่งมีการใช้แบบจำลองที่หลากหลาย เช่น แบบจำลองกรด–เบสของอาร์เรเนียส แบบจำลองกรด–เบสของเบรินสเตด–ลาวรี แบบจำลองกรด–เบสของลิวอิส เป็นต้น แต่นักเรียนยังมีความสับสนว่าจะเลือกใช้แบบจำลองใดจึงจะเหมาะสมในการอธิบายความเป็นกรดหรือเบสของสาร ดังอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนที่สะท้อนว่า “หนูไม่รู้ว่าจะนำ H_2O มาเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาตอนไหน เพื่อจะดูว่าสารตัวไหนเป็นกรดหรือเป็นเบส” เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบว่าแบบจำลองนั้นมีข้อจำกัดอย่างไร จึงไม่สามารถเลือกใช้แบบจำลองกรด–เบสให้เหมาะสมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chittleborough *et al*. (2004) และ Grosslight *et al*. (1991) ที่พบว่านักเรียนยังไม่เข้าใจจุดประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง ความหมายของแบบจำลอง และข้อจำกัดของแบบจำลองซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องที่เรียน

นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่อง คู่กรด–เบส รองลงมา คือ การแตกตัวของกรด–เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด–เบสเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้ความสำคัญกับการใช้คำถาม การตรวจสอบความรู้เดิมหรือประสบการณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดิมของนักเรียน เน้นให้มีการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ จัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เน้นกระบวนการสร้างแสดงออก และการอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองเพื่อให้เกิดการทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ใช้กิจกรรมอุปมาอุปไมยในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ และมีการประเมินการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้เกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดกิจกรรมในลักษณะดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกแนวคิด ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนมีผลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และจากการสอบถามนักเรียนพบว่านอกจากการเรียนการสอนในห้องเรียนแล้ว สื่อต่างๆ ก็มีส่วนช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด–เบสด้วย เช่น หนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต การเรียนพิเศษ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chiu and Lin (2007) ที่พบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนนั้นได้พัฒนามาจากการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวของนักเรียน โดยงานวิจัยนี้สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ได้แก่ การเรียนการสอน ภาษา ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน สิ่งแวดล้อมทางสังคม สื่อต่างๆ ที่เรียนพิเศษ และการรับรู้โดยสัญชาตญาณ และจากงานวิจัยพบว่าก่อนการเรียนการสอนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองปรากฏการณ์ แต่หลังจากการเรียนการสอนแล้วแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนพัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในครั้งนี้ เป็นการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียน และศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องกรด–เบส ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญของการวิจัยแต่ละระยะได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัยระยะที่ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ที่ผ่านการเรียนเรื่องกรด–เบสมาแล้ว ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 40 คน โดยผู้วิจัยสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling)

สิ่งที่ศึกษา คือ แบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคำตอบแบบจำลองทางความคิดที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส มาจำแนกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM) แล้วนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่แล้วหาค่าร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สรุปได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบส การไทเทรตกรด–เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดเรื่องกรด–เบสที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมาก่อนรองลงมา นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ในแนวคิดเรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส และปฏิกิริยาของกรดและเบสตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าสาเหตุที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนนั้นมาจากการที่นักเรียนขาดแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอนุภาค รวมทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์อื่นๆ กับแนวคิดเรื่องกรด–เบสได้ นอกจากนี้ แนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อน (IM) มากที่สุด ได้แก่แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าการที่นักเรียนจะเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวอย่างถ่องแท้ นักเรียนต้องสามารถจินตนาการเพื่อสร้างคำทำนายและอธิบายถึงความเชื่อมโยงในทั้ง 3 ระดับ โดยเลือกใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบริบท

สำหรับแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด (CM) ได้แก่ แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนเพิ่งผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานในการพิจาณาเรื่องการแตกตัวของกรด-เบส เพราะถ้านักเรียนเข้าใจในเรื่องสมดุลเคมี นักเรียนจะสามารถอธิบายการแตกตัวของกรด - เบสว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นสามารถผันกลับได้หรือไม่ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง เป็นต้น และสำหรับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาของกรดและเบสเป็นเรื่องที่นักเรียนได้เรียนมาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและได้ลงมือปฏิบัติการทดลองทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงจึงเข้าใจสมการการทำปฏิกิริยาของกรดและเบสเป็นอย่างดี ว่า กรด + เบส $\rightarrow$ เกลือ + น้ำ และนอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและแนวคิดการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไทเทรตกรด–เบส ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นเนื้อหาที่เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาคและเป็นนามธรรมมากจึงทำให้เข้าใจได้ยาก (Johnstone, 2000) รวมทั้งแนวคิดดังกล่าวยังสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับแนวคิดเคมีอื่นๆ เช่น เรื่องโครงสร้างอะตอม นักเรียนต้องใช้เป็นพื้นฐานในการเขียนโครงสร้างอะตอมเพื่อที่จะเข้าใจในทฤษฎีกรด–เบสของลิวอิส เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ นักเรียนต้องใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณเรื่องการแตกตัวของกรดและเบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส หรือการไทเทรตกรด–เบส ส่วนเรื่องสมดุลเคมี นักเรียนใช้เป็นพื้นฐานในการคิดเรื่องการแตกตัวของกรด–เบส เรื่องปฏิกิริยาเคมี หรือการไทเทรตกรด–เบส

สรุปผลการวิจัยระยะที่ 2

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด-เบส

2. เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) จังหวัดปัตตานี ที่ศึกษาวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 37 คน โดยผู้วิจัยสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling)

สิ่งที่ศึกษา คือ 1) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องกรด–เบส 2) แบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เนื้อหาเรื่องกรด–เบส ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน่วย ได้แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สมบัติของสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด–เบส คู่กรด–เบส การแตกตัวของกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส ปฏิกิริยาของกรดและเบส การไทเทรตกรด–เบส และสารละลายบัฟเฟอร์

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โดยใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 คาบต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที จำนวน 15 คาบ รวม 5 สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องกรด–เบส
2. บันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย
3. อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน
4. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดมาจัดกลุ่มเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) แบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NM) แล้วนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่แล้วหาค่าร้อยละ ส่วนข้อมูลจากบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัยและอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน นำมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น แล้วนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) กับผลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด จากนั้นนำข้อมูลมาประมวลและเรียบเรียงนำเสนอในรูปของความเรียง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การตรวจสอบก่อนเรียน โดยตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนด้วยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด–เบสตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ซึ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ขั้นแสดงออกแบบจำลอง ขั้นทดสอบแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง และขั้นขยายแบบจำลอง โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

2.1 ตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส กิจกรรมการอภิปราย ซักถาม และการทำใบกิจกรรม เป็นต้น

2.2 บันทึกหลังการสอนทุกครั้งที่จัดการเรียนรู้

2.3 ให้นักเรียนเขียนอนุทินบันทึกการเรียนรู้

3. ตรวจสอบหลังเรียนด้วยเครื่องมือและวิธีการเดียวกับก่อนเรียน คือ ตรวจสอบแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนด้วยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นการจัดกิจกรรม 5 ขั้น โดยนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังการสอน การสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนมาวิเคราะห์ แล้วสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เน้นให้นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นแสดงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้วิธีการถามคำถามที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและเชื่อมโยงกับความคิดของตนเอง และเป็นคำถามปลายเปิดที่ให้โอกาสนักเรียนได้คิดตามและอภิปรายตลอดเวลา เช่น ถามว่า “...คืออะไร” “เพราะเหตุใด...” หรือ “ทำไม...” เป็นต้น นอกจากนี้ อาจมีการสาธิตการทดลอง แล้วให้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ในระดับอนุภาค หรือการสร้างสถานการณ์แล้วให้นักเรียนวาดภาพที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค โดยต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์แทนอนุภาค และควรเน้นกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่หลากหลาย โดยควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์และให้อิสระแก่นักเรียนในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง ควรให้อิสระแก่นักเรียนในการนำเสนอแบบจำลองด้วยการวาดภาพบนกระดานหรือกระดาษปรู๊ฟ การใช้ลักษณะท่าทางในการอธิบายแบบจำลองทางความคิด การเขียนคำอธิบายหรือการใช้คำพูด เป็นต้น และเน้นการแสดงออกแบบจำลองด้วยสิ่งของ เช่น ใช้ลูกปัดสีน้ำเงินและสีแดงแทนปริมาณ OH^- และ H_3O^+ ในสารละลายที่เป็นกรด กลาง และเบส นอกจากนี้ควรให้เวลาแก่นักเรียนในการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มและใช้คำถามเพื่อหาเหตุผลด้วยคำถามว่า “ทำไมนักเรียนจึงแสดงแบบจำลองทางความคิดเช่นนั้น” และให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น และใช้คำถามหลังจากการนำเสนอว่า “นักเรียนคิดอย่างไรกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย เห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด” ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและเชื่อมโยงกับความคิดของตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนบันทึกจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองของกลุ่มต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองและนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาต่อไป

1.3 ขั้นทดสอบแบบจำลอง เน้นการทดสอบแบบจำลองผ่านกิจกรรมการทดลองที่เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นในระดับมหภาค สามารถสังเกตได้ โดยนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบและวางแผนการทดลองกันภายในกลุ่ม ในช่วงแรกๆ ของการทำกิจกรรม ผู้วิจัยต้องคอยชี้แนะให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดให้ชัดเจนก่อน แล้วใช้คำถามให้นักเรียนหาวิธีการทดสอบตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น ควรมีการจัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยในการจัดกิจกรรม ส่วนใหญ่ผู้วิจัยได้จัดให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มๆ ละ 6 – 7 คน และครูควรใช้คำถามถามนักเรียนอยู่ตลอดเวลาว่า “ผลการทดสอบเป็นไปตามแบบจำลองที่สร้างขึ้นในตอนต้นหรือไม่ อย่างไร” เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายกันภายในชั้นเรียน

1.4 ขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่เน้นการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายในการประเมินแบบจำลองว่าใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ และมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยเน้นการใช้สื่อที่เชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เช่น รูปภาพ แบบจำลอง คลิปวีดิโอที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค ภาพแอนนิเมชั่น การทดลอง เป็นต้น เมื่อได้ทดสอบแบบจำลองแล้วพบว่าอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดี นักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองในทันที โดยในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมขั้นประเมินแบบจำลอง ครูต้องเป็นหลักในการให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลอง และใช้คำถามว่า “ถ้านักเรียนมีตาวิเศษที่สามารถมองเห็นในระดับอนุภาค นักเรียนคิดว่าจะเห็นอะไรในระดับอนุภาค” และเน้นให้มีการอภิปรายเพื่อประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเป็นระยะ โดยการใช้คำถามว่า “แบบจำลองของนักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ และยังมีข้อจำกัดใดอีกบ้างที่ต้องปรับปรุง” นอกจากนี้ ต้องมีการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา ซึ่งแนวคิดเรื่องกรด–เบสมีแนวคิดพื้นฐานต่างๆ เช่น ปริมาณสารสัมพันธ์ พันธะเคมี สมดุลเคมี และแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของอนุภาคของสาร เพราะมีความจำเป็นมากต่อการประเมินเพื่อปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

1.5 ขั้นขยายแบบจำลอง โดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุง มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยผ่านการทำกิจกรรมที่เป็นโจทย์ใหม่ๆ เพิ่มเติมที่แตกต่างจากกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำในขั้นทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา หรือการนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนได้ขยายแบบจำลองในการอธิบายกลไกการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้น

1.6 ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้น ควรให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยทำเป็นกลุ่มหรือเป็นคู่ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และกับครูผู้สอน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นักเรียนทุกกลุ่มและทุกคนจะต้องร่วมกันทำกิจกรรมแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามในใบกิจกรรม เช่น ให้นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองการแตกตัวของกรดและเบส และจากการสอบถามนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในเรื่องกรด–เบส มาจากการเรียนในห้องเรียน การเรียนพิเศษนอกเวลา หนังสือเรียน และสื่อต่างๆ

1.7 ควรนำกิจกรรมอุปมาอุปไมยมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรม โดยการนำกิจกรรมอุปมาอุปไมยมาใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นต้องมีการอภิปรายเน้นย้ำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด มีการอภิปรายเปรียบเทียบสิ่งที่นำมาอุปมาอุปไมยเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมกับแนวคิดที่ต้องการสอน รวมถึงควรตรวจสอบว่านักเรียนเข้าใจขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างแท้จริง

2. แบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบส

จากผลการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model) และบางส่วนมีแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) และยังพบว่าส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) กับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้อง (IM) มากที่สุดในแนวคิดเรื่องอินดิเคเตอร์สำหรับกรด–เบส สารละลายบัฟเฟอร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และการไทเทรตกรด–เบส ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจเกิดจากนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมาก่อน ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องกรด–เบสที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการไทเทรตกรด–เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ และยังพบว่าไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (CM) นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(PM & IM) ในเรื่องการแตกตัวของกรด–เบส สมบัติของสารละลายกรดและเบส และทฤษฎีกรด–เบส ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนในเรื่องสมบัติของสารละลายกรดและเบส อาจเนื่องมาจากแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์เป็นสิ่งที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันและได้เรียนตั้งแต่อยู่ชั้นประถมศึกษา แต่แบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับอนุภาค นักเรียนเพิ่งได้เรียนตอนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งอาจจะทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูผู้สอนควรจะมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทั่วไปของกรด–เบสก่อนที่จะมีการสอนทฤษฎีกรด–เบส เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้

แต่เมื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) และแบบจำลองเชิงการลงความเห็นในระดับอนุภาค (Inference model) มากขึ้น และพบว่าแนวคิดทุกเรื่องนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน (PM) ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด–เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ที่นักเรียนยังอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PM & IM) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเรื่องกรด–เบสเป็นเรื่องที่เป็นนามธรรมไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง นักวิทยาศาสตร์จึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสิ่งเหล่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้อง (CM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่อง คู่กรด–เบส รองลงมา คือ การแตกตัวของกรด–เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด–เบสเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้ความสำคัญกับการใช้คำถาม การตรวจสอบความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เน้นให้มีการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ จัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เน้นกระบวนการสร้าง แสดงออก และการอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองเพื่อให้เกิดการทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ใช้กิจกรรมอุปมาอุปไมยในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ และมีการประเมินการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้เกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดกิจกรรมในลักษณะดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกแนวคิด ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

จากผลการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้พบจุดเด่นและข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีต่อไป ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรสำรวจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนที่จะเรียนเพื่อที่จะได้ปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2. ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด–เบสของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาอื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ เช่น เนื้อหาเรื่องโครงสร้างอะตอม พันธะเคมี เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ เป็นต้น

3. ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและเรื่องสารละลายบัฟเฟอร์ อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ดังนั้น ในการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อน เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องทฤษฎีกรด-เบส ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานอื่นๆ ตั้งแต่เรื่องพันธะเคมี การเปลี่ยนแปลงของสาร มาเป็นพื้นฐานในการเรียน หรือควรทำการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนในขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิดก่อนเพื่อเป็นการให้แสดงแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐาน

4. ในระยะแรกของการจัดกิจกรรม พบว่านักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนั้น ครูควรให้นักเรียนเตรียมตัวให้พร้อมในการเรียน โดยจะต้องชี้แจงให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนเข้าใจรูปแบบการจัดกิจกรรมและส่งเสริมให้นักเรียนสร้างและแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองหรือของกลุ่มในรูปแบบต่างๆ เช่น การวาดภาพ การใช้ท่าทาง แบบจำลองกระดาษ สิ่งของ คำพูดหรือคำอธิบาย เป็นต้น และควรมีการจัดให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้หรือแบบจำลองทางความคิดของตนเอง เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน และจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้มีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

5. ครูควรเน้นอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการใช้คำถามของครูหรือกระตุ้นให้สงสัยและนำไปสู่การถามคำถาม เพื่อทำให้เกิดการประเมิน และมีการปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีที่สุด และทำให้นักเรียนเห็นข้อจำกัดของแบบจำลอง ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติและข้อจำกัดของแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น

6. ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและสื่อการเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียน ดังนั้นครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรม โดยเน้นการสร้างการแสดงออก การทดสอบ การประเมินและปรับปรุง และการขยายแบบจำลอง โดยใช้กิจกรรมการเปรียบเทียบเชิงอุปมาอุปไมย เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมถึงต้องเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและแสดงแนวคิดที่อยู่ในระดับจุลภาคให้เป็นรูปธรรมชัดเจน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แต่ด้วยข้อจำกัดของเวลา กลุ่มที่ศึกษา และเนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย จึงทำให้ผลการวิจัยนี้ไม่ใช่ตัวแทนทั้งหมดในการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องกรด–เบสได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาเคมีอื่นๆ เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นต้น และศึกษาผลที่มีต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการเรียนรู้ในด้านต่างๆ ของนักเรียน ควรใช้วิธีการที่สามารถได้ข้อมูลในเชิงลึกกว่านี้ เช่น การสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล เป็นต้น

3. ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว ส่วนใหญ่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ ดังนั้นควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างหลายๆ ระดับชั้น เนื่องจากเรื่องกรด–เบส นักเรียนได้เรียนตั้งแต่อยู่ชั้นประถมศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลพื้นฐานว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องกรด–เบสเป็นอย่างไร ก่อนที่นักเรียนจะเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้น

4. ควรทำการวิจัยแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส โดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้อิสระในการแสดงแบบจำลองทางความคิด พร้อมทั้งให้อธิบายเหตุผลในการตอบ รวมทั้งควรมีการกำหนดการตอบของนักเรียนให้ครอบคลุมแบบจำลองทางความคิดทั้งระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์

5. ควรศึกษาพัฒนาการระดับของแบบจำลองทางความคิดในเรื่องกรด-เบสให้ละเอียดและลึกซึ้ง ทั้งในระดับแบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ (Phenomenon model) แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbol model) และแบบจำลองเชิงการลงความเห็นในระดับอนุภาค (Inference model)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. 2549. **วิจัยเชิงปฏิบัติการ: แนวทางสำหรับครู (Action research: A guide for teachers)**. เชียงใหม่: บริษัท นันทพันธ์พริ้นติ้ง จำกัด.

จิตตมาส สุขแสวง. 2549. **การศึกษาแนวคิดของนักเรียนและพฤติกรรมการสอนของครูเรื่อง กรด-เบส ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. 2553. “แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เรื่อง การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด วันที่ 19-20 สิงหาคม 2553**. กรุงเทพมหานคร.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2549. “การสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์.” **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์**. 27(1): 27-38.

ทิศนา แขมมณี. 2551. **ศาสตร์องค์ความรู้ เพื่อการจัดกระบวนการการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. 2545. **ความคิดสร้างสรรค์ : พรสวรรค์ที่พัฒนาได้**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2544. **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1**. กรุงเทพมหานคร; เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์ จำกัด.

ไพจิตร สดวกการ. 2538. **ผลการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง, และ นฤมล ยุตาคม. 2550. “แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.” **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์**. 13 (4): 541-553.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. 2542. “แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง”**.** พิมพ์ครั้งที่ 2. **วารสารสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดบุรีรัมย์**. สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.

เวียงชัย แสงทอง. 2553. “การพัฒนาแนวคิดเรื่องสารในชีวิตประจำวันและการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันด้วยการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.” **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เรื่อง การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด วันที่ 19 -20 สิงหาคม 2553**. กรุงเทพมหานคร.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [สทศ.]. 2553. **การจัดลำดับโรงเรียนเก่งต่อเนื่องติดต่อกัน 5 ปี (ปีการศึกษา 2548 – 2552)** (Online). www.niets.or.th, 30 มีนาคม 2555.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. 2546. **การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุนีย์ คล้ายนิล. 2543. **ธรรมชาติการเรียนรู้และการสอนวิทยาศาสตร์ในการศึกษาคณิตศาสตร์**.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2550. **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ นิยมค้า. 2531. **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1-2**. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์.

Ausubel, D.P. 1968. **The psychology of meaningful verbal learning.** New York: Grune and Station Inc.

Barquero, B. 1995. **Mental models**. Madrid: University Autonoma.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Boulter, C.J. and R. Elmer. 2000. Positioning models in science education and in design and technology education. In: J. K. Gilbert and C. J. Boulter (Eds.). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 3-17.

Buckley, B. C., J. D. Gobert, A. C. H. Kindfield, P. Horwitz, R. F. Tinker, B. Gerlits, U. Wilensky, C. Dede, and J. Willett. 2004. "Model-based teaching and learning with Biologica: What do they learn? How do they learn? How do we know?." **Journal of Science Education and Technology**. 13 (1): 23-41.

Bybee, W. 2006. "Science education and the Science-Technology-Society (S-T-S) Theme." **Science Education**. 71(5): 667-683.

Chandrasegaran, A. L. and D. F. Treagust. 2008. "An evaluation of a teaching intervention to promote students' ability to use multiple levels of representation when describing and explaining chemical reactions." **Research in Science Education**. 38: 237-248.

Chang, S. N. 2007. "Externalising students' mental models through concept map." **Journal of Biological Education**. 41(3): 107-112.

Chi, M.T.H. and R.D. Roscoe. 2002. The process and challenges of conceptual change. In M. Limon and L. Mason (Eds), **Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice.** Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 3-27.

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

Chiu, M.H. and W.N. Lin. 2007. "Exploring the characteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases." **International Journal of Science Education**. 29(6): 771-803.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Coll, R.K. and D.F. Treagust. 2003. “Learners’ mental models of metallic bonding: A cross-age study.” **Science Education**. 87: 685-707.

Coll, R. K. 1999. **Learners’ mental models of chemical bonding**. Thesis of Doctor Degree: Curtin University of Technoloy.

Coll, R. K. 2005. “First-year tertiary chemistry students’ attitude-towards-chemistry.” **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**. 5(1). 61-80.

Demerouti, M., M. Kousathana, and G. Tsaparlis. 2004. **Acid-Base Equilibria, Part I. Upper Secondary Students: Misconceptions and Difficulties**. The Chemical Educator. 9. 122-131.

Fowler, C. 1994. **Strong Arts, Strong Schools**. Educational Leadership, 52, (3), p.4.

France, B., 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.

Furio-Masa, C., M.S. Calatayudb, J. Guisasolac and C. Furio-Gomeza. 2005. “How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers.” **International Journal of Science Education.** 27(11): 1337-1358.

Gentner, D. and A. Stevens (eds). 1983. **Mental Models**.Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gilbert, J.K. and S.W. Ireton. 2003. **Understanding Models in Earth and Space Science**. Arlington: NSTA Press.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gilbert, J.K., 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.

Gilbert, J.K. and C. J. Boulter. 2000. **Developing Models in Science Education**. 41-58.

Gilbert, J.K. 2005. **Visualization in science education**. Netherlands: Springer.

Gobert, J. D. and B. C. Buckley. 2002. "Introduction to model-based teaching and learning in science education." **International Journal of Science Education**. 22(9): 891-894.

Gökhan D., A. Alipaşa, and D. Hülya. 2005. "Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases." **Chemistry Education Research and Practice**, 6 (1), 36-51.

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

Grosslight, L., C. Unger, E. Jay and C. Smith. 1991. "Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts." **Journal of Research in Science Teaching, 28**, 799-822.

Guru Zone. 2010**. Constructivism Learning Theory** (Online). www.guruzone.org/training/index.php133, July 4, 2010.

Harrison, A. G. and O. De Jong. 2005. "Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium." **Journal of Research in Science Teaching**. 42 (10): 1135-1159.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Harrison, A. G. and D. F. Treagust. 2000. “Learning about atom, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry.” **Science Education**. 84: 352-381.

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.

Harrison, A.G. and D.F. Treagust. 2006. **Teaching and learning with analogies**. In P.J.

Hinton, M.E. and M.B. Nakhleh. 1999. “Students’ microscopic, macroscopic and symbolic representation of chemical reactions.” **The Chemical Educator**. 4(4): 1-29.

Hodson, D. 1993. “Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science.” **Studies in Science Education. 22**. 85-142.

Hwang, W. C. 2004. “The types and causes of misconceptions of elementary students on acids-bases.” **Annual report to the National Science Council in Taiwan** (in Chinese).

Johnson-Laird, P.N. 1983. **Mental Models: Toward a cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness**. Cambridge: Harvard University Press.

Johnstone. 2000. **Chemical Education Research: Where from here? Proceedings from Variety in Chemistry Teaching meeting**, June 2001.

Jonassen, D.H. and Y.H. Cho. 2008. **Externalizing mental models with mindtools**. University of Missouri, USA: Springer.

Justi, R. and J.K. Gilbert. 2002. “Models and modeling in chemical education.” **Chemical Education: Toward Research-based Practice**. Dondrecht: Kluwer Academic Publisher. 47-68.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kavanaugh, M. C., A. R. Trussell, J. Cromer, and R. R. Trussell. 1981. “An Empirical Kinetic Model of Trihalomethane Formation: Applications to Meet the Proposed THM Standard.” **Journal of the American Water Works Association.** 72(10): 578-582.

Kemmis, S. and R. Mc Taggart. 1988. **The Action Research Planner**. 3rd ed. Victoria: Deakin University Press.

Khan, S. 2007. “Model-based inquiries in chemistry.” **Science Education**. 91(6): 877-905.

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

Maia, P.F. and R. Justi. 2009. “Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching.” **International Journal of Science Education**. 31(5): 603-630.

Margarita, K., D. Margarita and T. Georgios. 2005. “Instructional misconceptions in acid-base equilibria: An analysis from a history and philosophy of science perspective.” **Science & Education**. 14: 173-193.

Moschkovish, J. N. 1988. “Resources for refining mathematical conceptions: Case studies in learning about linear functions.” **Journal of the Learning Sciences**. 7: 209-237.

Norman, D. 1983. Some observations on mental models. In D. Gentner and A. Stevens (eds), **Mental Models**.Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Nicoll, K. 2001. “Radiocarbon chronologies for prehistoric human occupation and hydroclimatic change in Egypt and northern Sudan.” **Geoarchaeology**, 16: 47–64.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ozkaya, A. R. 2002. “Conceptual difficulties experienced by prospective teachers in electrochemistry: Half-cell potential, cell potential, and chemical and electrochemical equilibrium in galvanic cells.” **Journal of Chemistry Education**, 79: 735-738.

Ozmen, H. 2008. “Determination of students’ alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey.” **Chemistry Education Research and Practice**. 9: 225-233.

Paula C. and J. Rosária. 2010. “Contributions of the model of modelling diagram to the Learning of ionic bonding: Analysis of a case study.” **Research in Science Education**.

Pedrosa, M.A. and M.H. Dias. 2000. “Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium and student alternative conceptions.” **Chemistry Education: Research and Practice in Europe** *(CERAPIE)*, 1: 227-236.

Sizmur, S. and J. Ashby. 1997. **Introducing scientific concepts to children**. Great Britain: National Foundation for Educational Research.

Tobin, K. and B. Hook. 1997. “Investigations of exemplary practice in Australian science Classes.” **The Australian Science Teachers Journal**. 34: 23-29.

Treagust, D. F. 2005. “Students’ perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning.” **Research in Science and Technological Education**. 23(2): 195-212

Van Driel, J. H. 2002. “Students’ corpuscular conceptions in the context of chemical Equilibrium and chemical kinetics.” **Chemical Education: Research and Practice in Europe**. 3(2): 201-213.

Vosniadou, S. 1994. “Capturing and modeling the process of conceptual change.” **Learning and Instruction**. 4: 45-69.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wilson, S. 1996. **“150 different ways” of knowing: Representations of knowledge in teaching**. London: Cassell. pp 104-124

Yusuf, R. H. 2002. “The use of models in the teaching of science a case study of selected secondary schools in kano metropolis, Kano State, Nigeria.” **The African Symposium an Online Educational Research Journal**. 2(4).

Zoller, U. 1990. “Students’ misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry.” **Journal of Research in Science Teaching**. 27: 1053-1065.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา
   อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผศ. ดร. สุมาลี กาญจนชาตรี
   อาจารย์โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

3. ดร. จรรยา ดาสา
   อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4. ดร. ณัฐินี โมพันธ์
   อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องกรด - เบส

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด – เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมีผู้วิจัยคือ นางสาวฮามีด๊ะ มูสอ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดจะถูกนำเสนอในภาพรวมและไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ตอบแบบวัดแต่อย่างใด จึงขอความกรุณาท่านตอบคำถามทุกข้อด้วยความตั้งใจ

แบบวัด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิหลังของผู้ตอบแบบวัด จำนวน 4 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด - เบส จำนวน 10 ข้อ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิหลังของผู้ตอบแบบวัด

<u>คำชี้แจง</u> เติมข้อมูลของท่านลงในช่องว่างที่กำหนดให้ หรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

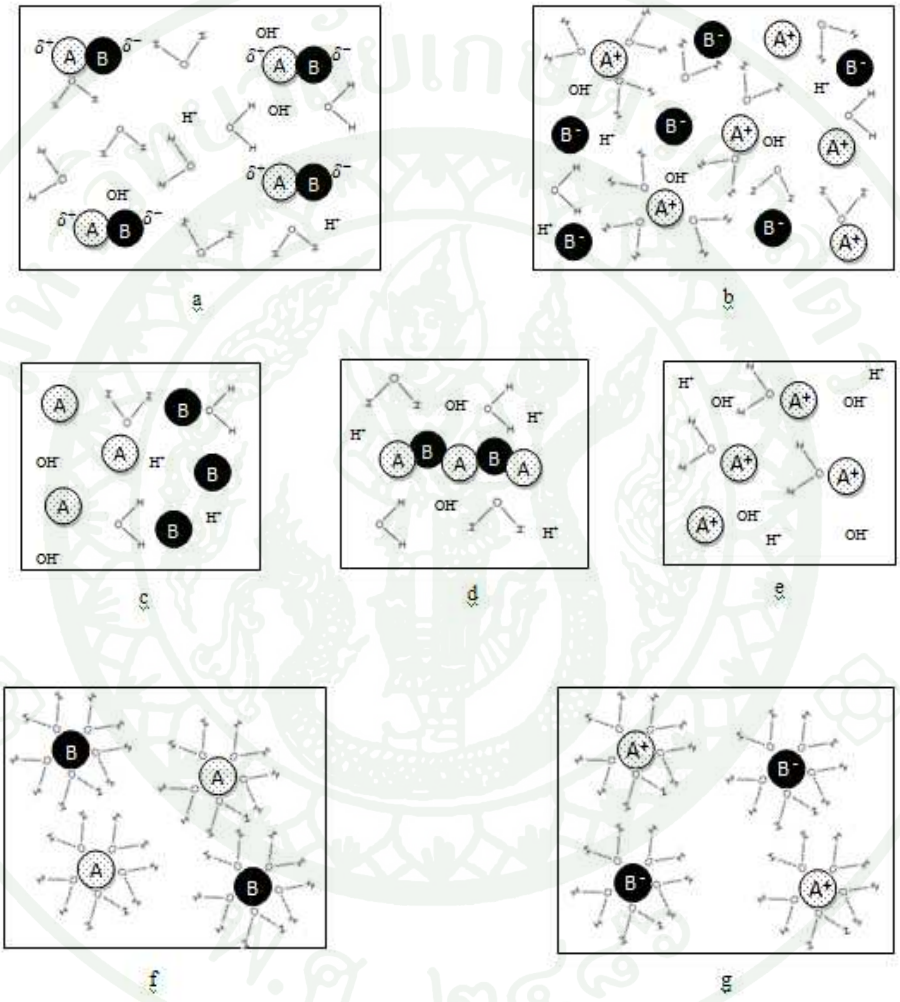
1. ชื่อ.....สกุล.....
2. โรงเรียน.....ชั้น.....
3. เกรดเฉลี่ยวิชาเคมี.....
4. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส

คำชี้แจง อ่านคำถามและแสดงความคิดของท่านลงในที่ว่างใต้คำถามแต่ละข้อ พร้อมให้เหตุผลประกอบความคิดเห็นของท่าน

1. เมื่อนำสาร AB มาละลายน้ำ แล้วทดสอบการนำไฟฟ้า พบว่าสารละลาย AB สามารถนำไฟฟ้าได้ ภาพในข้อใดแสดงปรากฏการณ์นี้ได้ถูกต้อง เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น



.....

.....

.....

.....

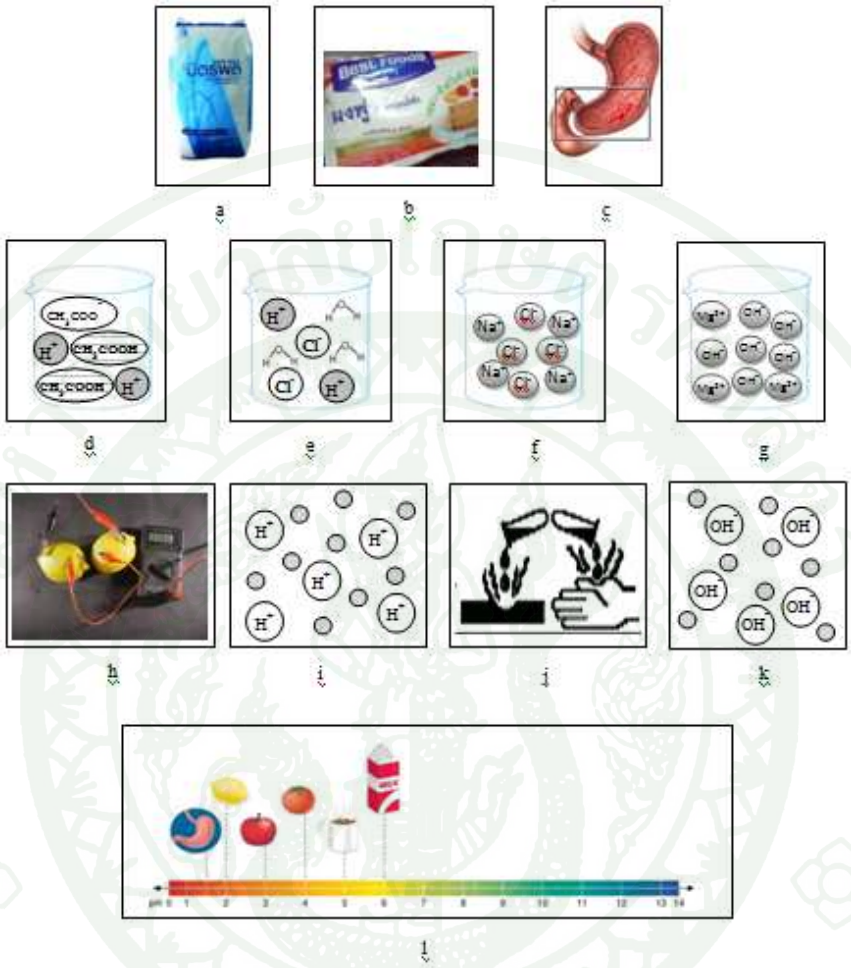
.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. จงพิจารณาภาพต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 2.1 – 2.2



2.1 จากภาพ a - l เมื่อนึกถึง “กรด” นักเรียนจะนึกถึงภาพใดต่อไปนี้ ทำไมจึงคิดเช่นนั้น (สามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 จากภาพ a - l เมื่อนึกถึง “เบส” นักเรียนจะนึกถึงภาพใดต่อไปนี้ ทำไมจึงคิดเช่นนั้น (สามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

.....

.....

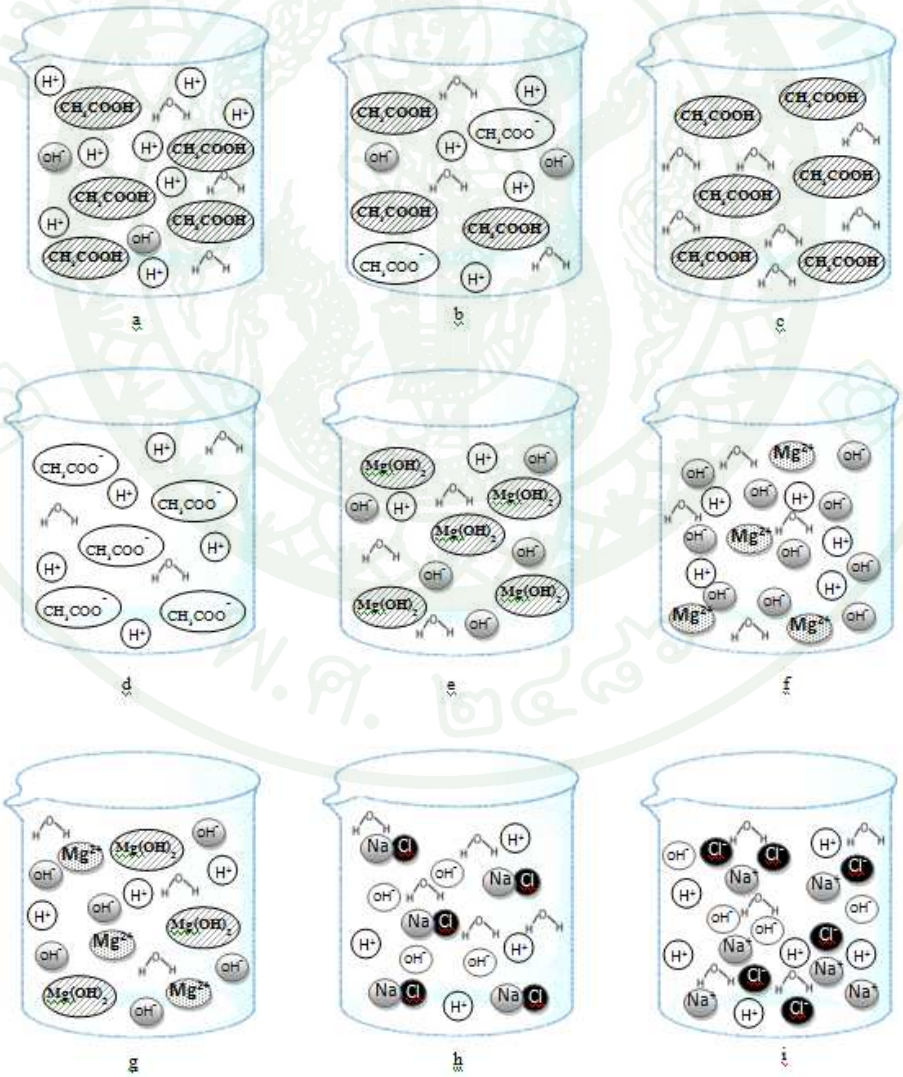
.....

.....

.....

.....

3. จากภาพต่อไปนี้ จงตอบคำถามข้อ 3.1 – 3.3



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 สารละลายในรูปใด มีรสเปรี้ยวและมีฤทธิ์กัดกร่อน เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 สารละลายในรูปใด เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินและมี pH มากกว่า 7 เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 สารละลายในรูปใด มีสมบัตินำไฟฟ้าได้ เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

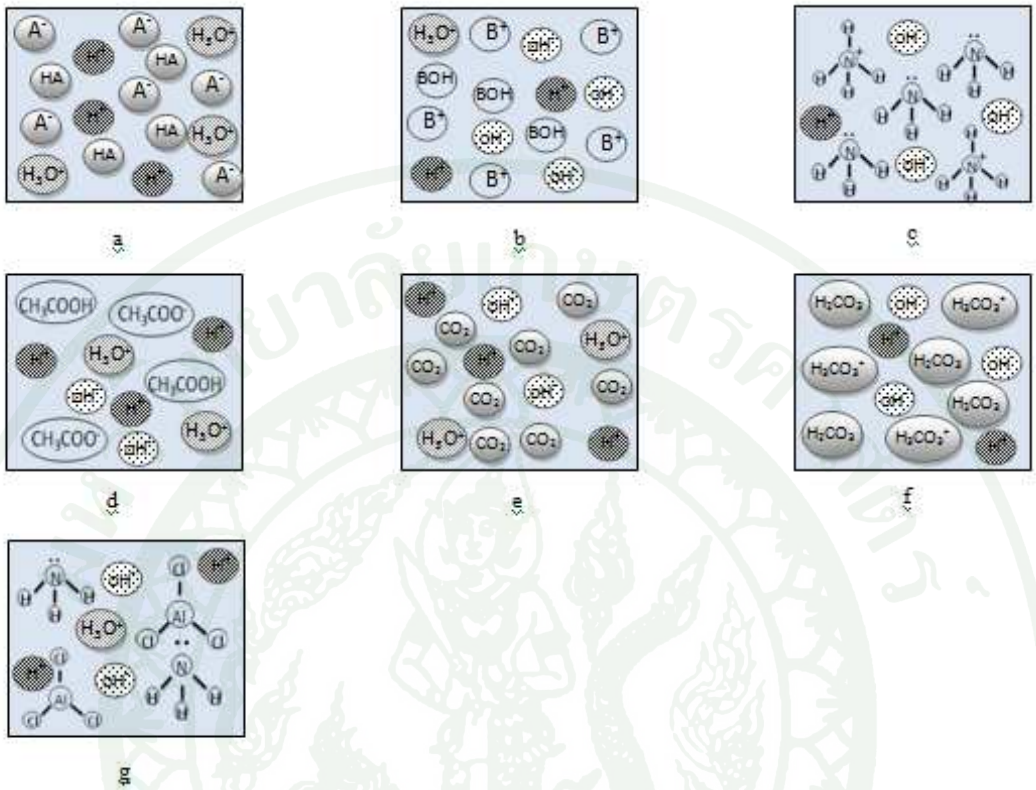
.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สารละลาย HA, BOH, NH_3, CH_3COOH, CO_2, H_2CO_3 และ $AlCl_3$ บรรจุในภาชนะ สมมติเกิดปรากฏการณ์ดังแสดงในภาพ



จากภาพ a – g นักเรียนคิดว่า สารใดเป็นกรด และสารใดเป็นเบส เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

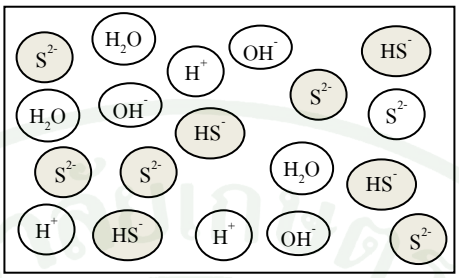
.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. เมื่อนำไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มาละลายน้ำ จนกระทั่งได้ซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ซึ่งซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ละลายในน้ำ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังภาพ สารใดเป็นคู่กรด-คู่เบสกัน จงแสดงเหตุผลและอธิบายว่าเป็นคู่กรด-เบสกันอย่างไร



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. จากสถานการณ์การละลายของสารต่างๆ ต่อไปนี้ จงตอบคำถามข้อ 6.1 – 6.3

6.1 เมื่อนำสารละลายกรดฟอร์มิก (HCOOH) ใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำ นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น

กำหนดให้ ● แทน HCOOH

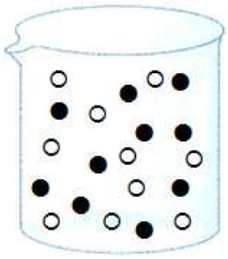
○ แทน H_2O

■ แทน $HCOO^-$

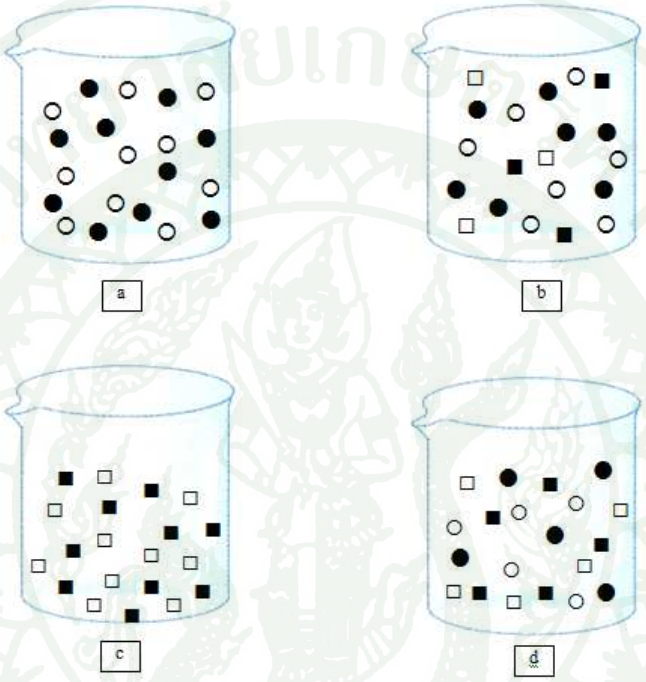
□ แทน H_3O^+

และกำหนดให้ปริมาณสาร<u>ก่อนละลาย</u>เป็นไปดังภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



การเปลี่ยนแปลงหลังการละลายจะเป็นไปตามภาพในข้อใด



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 เมื่อนำกรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3) ใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำ นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น

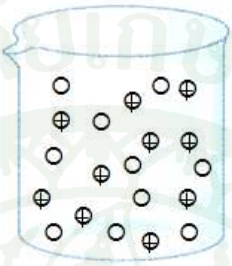
กำหนดให้ ⊕ แทน HNO_3

○ แทน H_2O

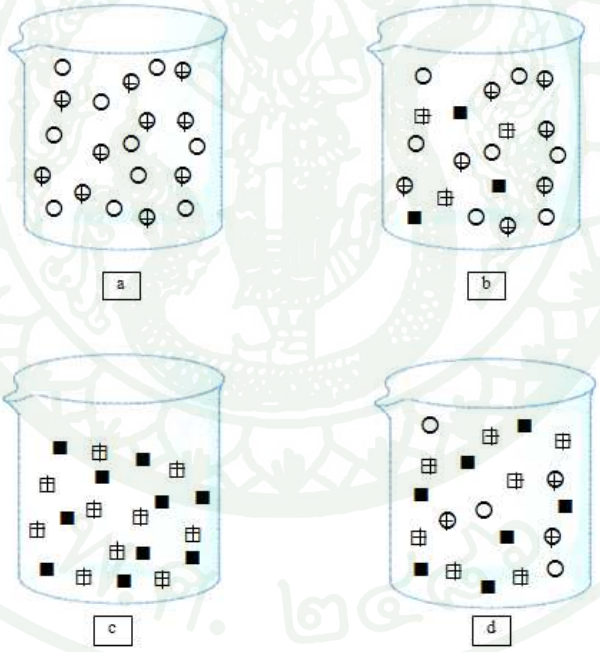
■ แทน H_3O^+

⊞ แทน NO_3^-

และกำหนดให้ปริมาณสารก่อนละลายเป็นไปดังภาพ



การเปลี่ยนแปลงหลังการละลายจะเป็นไปตามภาพในข้อใด



.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 เมื่อนำผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ละลายในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำ นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น

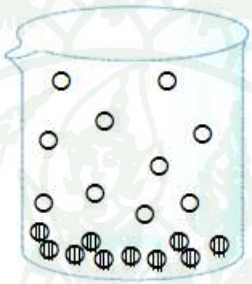
กำหนดให้ ◍ แทน $Ca(OH)_2$

○ แทน H_2O

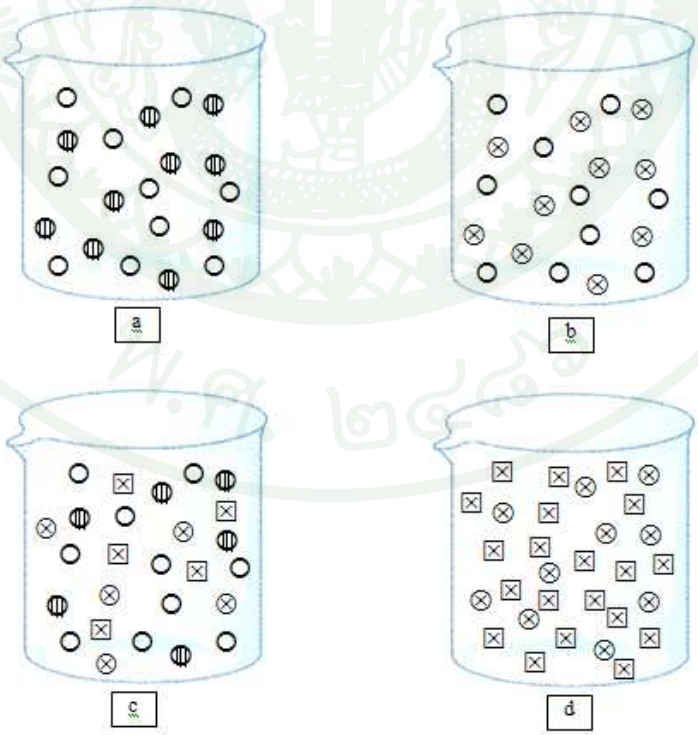
⊗ แทน Ca^{2+}

☒ แทน OH^-

และกำหนดให้ปริมาณสาร<u>ก่อนละลาย</u>ของ $Ca(OH)_2$ เป็นไปดังภาพ



การเปลี่ยนแปลง<u>หลังการละลาย</u>จะเป็นไปตามภาพในข้อใด



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

7. พิจารณาสมการต่อไปนี้

$$HIn\ (aq) + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + In^-(aq)$$

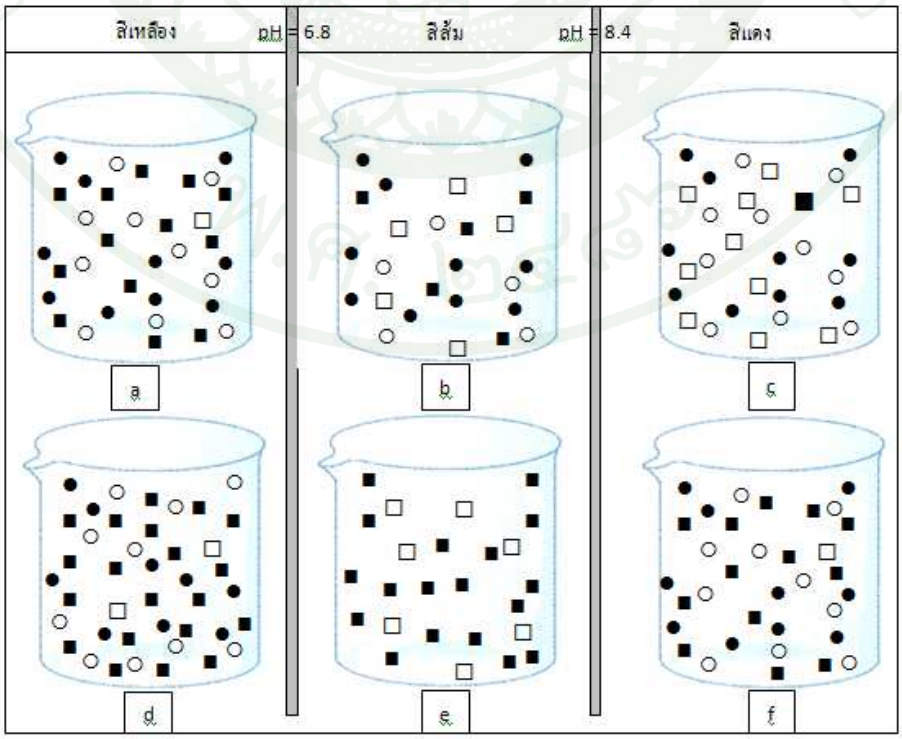
โดยกำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

● แทน H_3O^+ ○ แทน H_2O

■ แทน HIn □ แทน In^-

และการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด ช่วง pH 6.8 – 8.4 คือ สีเหลือง – สีแดง

เมื่อเติมกรดไนตริกลงไปในสารละลายจนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี จากภาพ a – f ภาพใด แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและสอดคล้องกับสีที่ปรากฏหลังการเติมกรดได้ถูกต้อง



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....

.....

.....

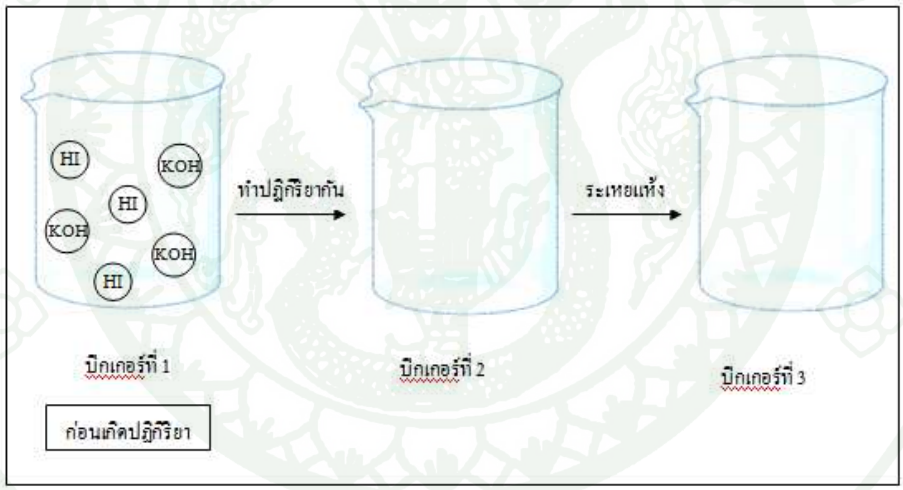
.....

.....

.....

.....

8. เมื่อให้สารละลายไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ทำปฏิกิริยากัน โดยกำหนดให้สารทั้งสองมีจำนวนโมลเท่ากัน นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นในบีกเกอร์ที่ 2 และจะเกิดอะไรขึ้นในบีกเกอร์ 3 หลังจากนำสารละลายที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไประเหยแห้ง ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายการเปลี่ยนแปลงและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



.....

.....

.....

.....

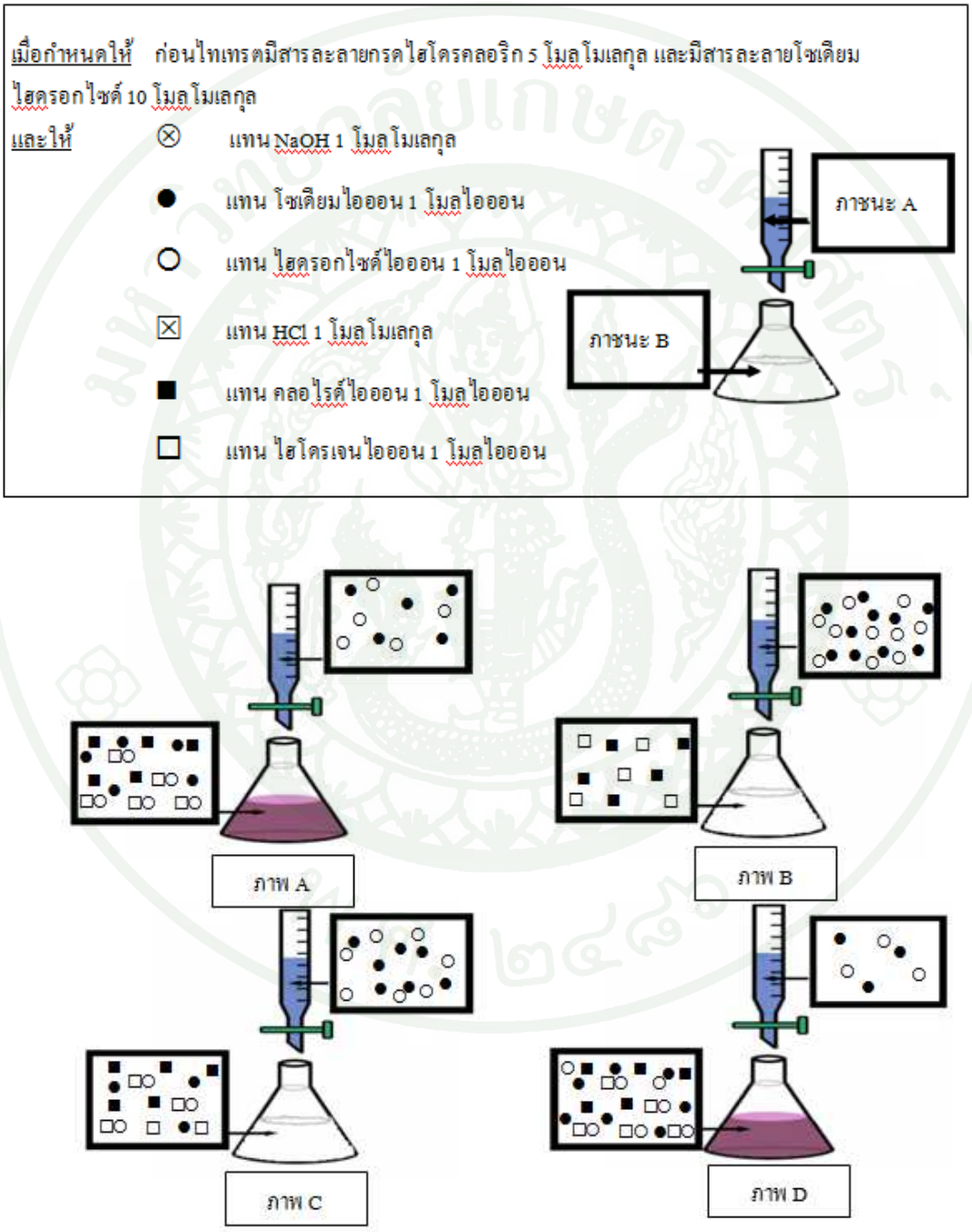
.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. รูปข้างล่างนี้แสดงการไทเทรตสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยอินดิเคเตอร์ที่ใช้คือ ฟีนอล์ฟธาลีน ให้นักเรียนเลือกภาพต่อไปนี้ซึ่งแสดงลักษณะของสารที่อยู่ในภาชนะ A และ B ก่อนการไทเทรต ก่อนถึงจุดยุติ ที่จุดยุติ และหลังจุดยุติ ตามลำดับว่ามีสารอยู่กันอย่างไร (ไม่ต้องระบุอินดิเคเตอร์) พร้อมทั้งเขียนคำอธิบายและแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสารที่อยู่ในภาชนะทั้งสองของแต่ละขั้นให้ชัดเจน



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.1 จุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรต สอดคล้องกับภาพ..... เพราะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

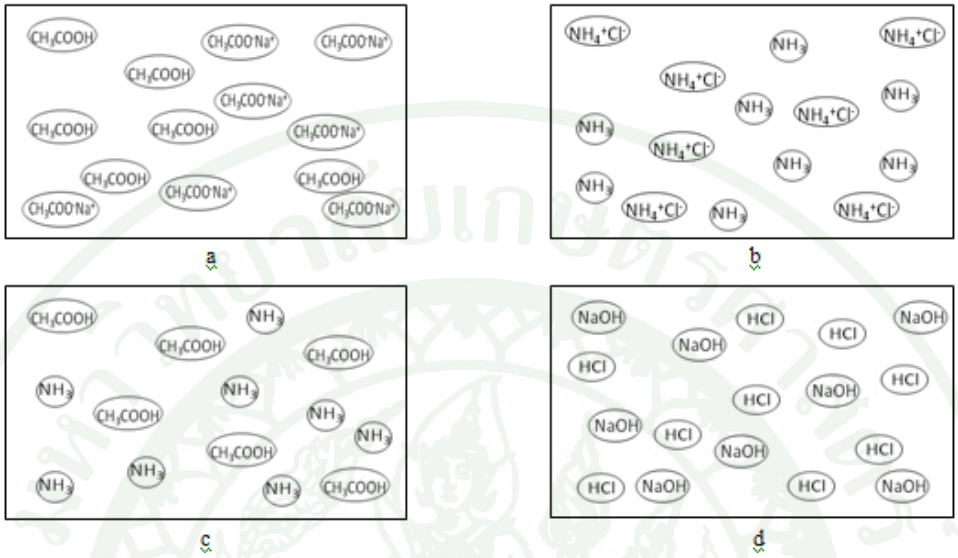
9.2 ก่อนถึงจุดยุติ สอดคล้องกับภาพ..... เพราะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9.3 ที่จุดยุติ สอดคล้องกับภาพ..... เพราะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9.4 หลังจุดยุติ สอดคล้องกับภาพ..... เพราะ.....
.....
.....
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. ภาพในข้อใดดังต่อไปนี้ เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อยแล้ว ทำให้ค่า pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	**รหัสวิชา** ว 32223	**ระดับช่วงชั้นที่** 3
ภาคเรียนที่ 1	**ปีการศึกษา** 2554	**หน่วยการเรียนรู้** กรด – เบส
เรื่อง การแตกตัวของกรด-เบส	**เวลา** 2 **คาบ (50 นาที)**	**ผู้สอน** อาจารย์ฮามีด๊ะ มูสอ

สาระการเรียนรู้ที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6

สำรวจตรวจสอบ อภิปราย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไป ที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งสารที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ที่จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

สาระการเรียนรู้ที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6

1. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้นที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

2. สร้างแบบจำลอง **(**modelling) หรือรูปแบบ (pattern representation) ที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

3. ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็นและการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

4. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายและเปรียบเทียบการแตกตัวของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน เบสอ่อน (K)
2. เขียนสมการแสดงการแตกตัวเป็นไอออนของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน เบสอ่อน (K)
3. คำนวณหาความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดแก่และเบสแก่ (K)
4. คำนวณหาร้อยละของการแตกตัว ค่าคงที่สมดุลของกรดและเบส และความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดอ่อนและเบสอ่อน เมื่อทราบค่าคงที่สมดุลของกรดหรือเบส (K)
5. เขียนสมการการแตกตัวเพื่อเปรียบเทียบการแตกตัวของกรดมอนอโปรติกและพอลิโปรติก (K)
6. สร้างแบบจำลองแสดงลักษณะการแตกตัวของกรดและเบส (P)
7. สนใจ มุ่งมั่น มีความรับผิดชอบ และซื่อสัตย์ในการค้นคว้าหาคำตอบ (A)
8. ทำงานตามบทบาทและหน้าที่โดยใช้กระบวนการกลุ่ม (A)

แนวคิดหลัก

การแตกตัวของกรด-เบส

กรดแก่และเบสแก่ เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ที่แตกตัวเป็นไอออนได้มากหรือแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ จึงเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว และถ้าทราบความเข้มข้นของกรดแก่หรือเบสแก่จะสามารถบอกความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายได้

กรดแก่ที่ควรทราบ ได้แก่ $HClO_4$, HI, HBr, HCl, HNO_3, H_2SO_4 และ**เบสแก่**ที่ควรทราบได้แก่ LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$

กรดอ่อนและเบสอ่อน จัดเป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน เนื่องจากแตกตัวเป็นไอออนได้เพียงบางส่วนและยังมีโมเลกุลของกรดหรือเบสบางส่วนอยู่ในสารละลาย การแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ณ ภาวะสมดุลจึงมีทั้งโมเลกุลของกรด/เบสอ่อนกับไอออนที่เกิดจากการแตกตัว การบอกความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนในสารละลายจึงต้องทราบว่าโมเลกุลของสารแตกตัวไปเท่าใด

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model production)

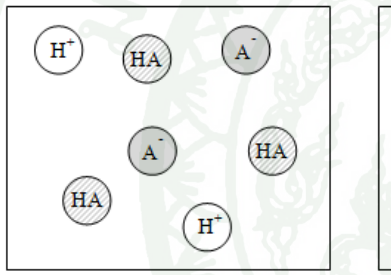
1.1 ครูสาธิตการทดลองโดยจุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในสารละลาย 4 ชนิด ที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์หมายเลข 1 – 4 (หมายเลข 1 กรดแก่ 2 เบสแก่ 3 กรดอ่อน และ 4 เบสอ่อน) โดยครูระบุว่าสารทั้ง 4 ชนิดมีสมบัติความเป็นกรด – เบสมากน้อยแตกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น (สารละลายในบีกเกอร์หมายเลข 1 และ 2 จะให้ความสว่างมากกว่าสารละลายในบีกเกอร์หมายเลข 3 และ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

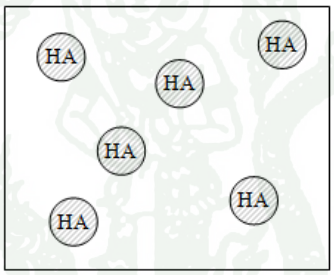
1.2 ครูถามนักเรียนว่า แล้วจะจัดสารทั้ง 4 ชนิดเป็นกรดหรือเบสได้อย่างไร (ทดสอบสารแต่ละชนิดด้วยกระดาษลิตมัส พบว่าสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 และ 3 เป็นกรด และในบีกเกอร์ที่ 2 และ 4 เป็นเบส)

1.3 ถามนักเรียนว่า จะจำแนกสารละลายในบีกเกอร์ทั้ง 4 โดยใช้ผลการตรวจการนำไฟฟ้าและการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส เป็นเกณฑ์ได้อย่างไร (สารละลายที่ให้ความสว่างของหลอดไฟมากกว่าเป็นสารละลายที่แตกตัวได้ดีกว่าสารละลายที่ให้ความสว่างของหลอดไฟน้อย ดังนั้นสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 เป็นกรดที่แรงกว่าสารละลายในบีกเกอร์ที่ 3 และสารละลายในบีกเกอร์ที่ 2 เป็นเบสที่แรงกว่าสารละลายในบีกเกอร์ที่ 4)

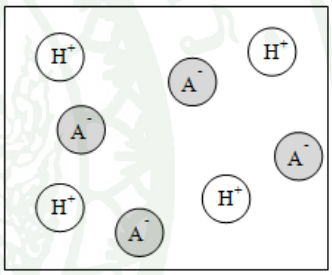
1.4 ครูให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ทั้ง 4 โดยเลือกภาพต่อไปนี้ให้เหมาะสมกับสิ่งที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ลงในใบกิจกรรมที่ 5.1 (โดยการแตกตัวตัวของน้ำ จะให้ H_3O^+ และ OH^- ในบีกเกอร์ทั้ง 4 แต่จะไม่แสดงในภาพ)



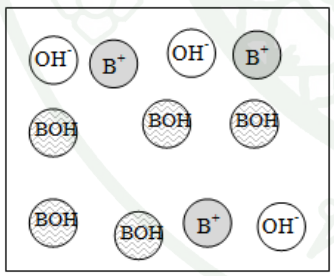
ภาพ 1



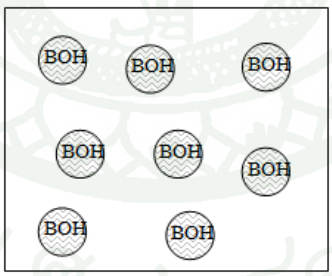
ภาพ 2



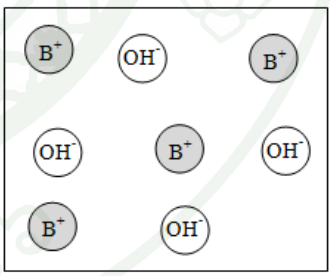
ภาพ 3



ภาพ 4



ภาพ 5



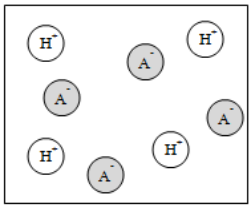
ภาพ 6

ขั้นที่ 2 แสดงออกแบบจำลอง (Model expression)

2.1 นักเรียนจับกลุ่ม และร่วมกันเขียนสมการแสดงการแตกตัวของกรด - เบส แต่ละชนิด แนวคิดตอบของปรากฏการณ์ในบีกเกอร์ที่ 1 – 4 เป็นดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 1 สอดคล้องกับภาพที่ 3

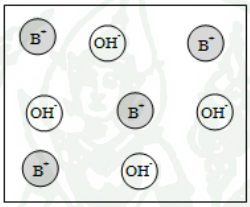


ภาพ 3

เนื่องจากเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ที่เป็นกรด ซึ่งเขียนสมการได้เป็น

$$HA(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + A^-(aq) \quad \text{.....(1)}$$

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 2 สอดคล้องกับภาพที่ 6

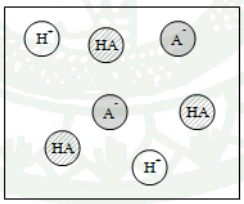


ภาพ 6

เนื่องจากเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ที่เป็นเบส ซึ่งเขียนสมการเป็น

$$BOH(aq) \xrightarrow{H_2O} B^+(aq) + OH^-(aq) \quad \text{.....(2)}$$

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 3 สอดคล้องกับภาพที่ 1

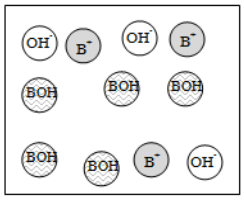


ภาพ 1

เนื่องจากเป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อนที่เป็นกรด ซึ่งเขียนสมการเป็น

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq) \quad \text{.....(3)}$$

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 4 สอดคล้องกับภาพที่ 4



ภาพ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากเป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อนที่เป็นกรด ซึ่งเขียนสมการเป็น

$$BOH(aq) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} B^+(aq) + OH^-(aq) \quad \text{.....(4)}$$

2.2 นักเรียนยกตัวอย่างสารที่มีการแตกตัวสอดคล้องกับสมการที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 1 – 4 ซึ่งนักเรียนจะอาศัยข้อมูลเดิมที่เคยทดลองมาแล้ว และอาจารย์เพิ่มเติมสารบางชนิด ได้ดังนี้

- สารตัวอย่างที่สอดคล้องกับสมการ 1 ได้แก่ สารละลาย HCl, HBr, HI, HNO_3, $HClO_4$ และ H_2SO_4 เป็นต้น
- สารตัวอย่างที่สอดคล้องกับสมการที่ 2 ได้แก่ สารละลาย LiOH, NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ หรือ สารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะหมู่ IA และ IIA
- สารตัวอย่างที่สอดคล้องกับสมการที่ 3 ได้แก่ สารละลาย CH_3COOH, HF, H_2CO_3
- สารตัวอย่างที่สอดคล้องกับสมการที่ 4 ได้แก่ สารละลาย NH_3, NaCN

ตัวอย่างสารละลายกรดแก่และเบสแก่ ดังแสดงในตาราง

ตาราง 5.1 ตัวอย่างสารละลายกรดแก่และเบสแก่

กรดแก่	เบสแก่
HCl, HBr, HI, HNO_3, $HClO_4$, H_2SO_4	LiOH, NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$

ขั้นที่ 3 ทดสอบแบบจำลอง (Model testing)

3.1 นักเรียนอภิปรายร่วมกัน ว่า “สมการที่ 1 – 4 มีความเหมือนและแตกต่างอย่างไร” จนสรุปได้ว่า จากสมการ 1 และ 2 แสดงการเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไปข้างหน้าในทิศทางเดียว สังเกตจากเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทิศทางเดียว แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นไปข้างหน้า 100% และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้

<u>สมการ</u> 1 $HA(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

<u>สมการ</u> 2 $BOH(aq) \xrightarrow{H_2O} B^+(aq) + OH^-(aq)$

ซึ่งสมการ 1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาให้ H_3O^+ 100 % ดังนั้นสารละลาย HA ในสมการนี้เป็นกรดแก่ ส่วนสมการ 2 แสดงการเกิดปฏิกิริยาให้ OH^- 100% ดังนั้นสารละลาย BOH ในสมการนี้เป็นเบสแก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนสมการที่ 3 และ 4 แสดงการเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไปข้างหน้าและย้อนกลับ สังเกตจากเครื่องหมายลูกศรชี้ไปใน 2 ทิศทาง แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นไปข้างหน้าและสามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้

<u>สมการ</u> 3 $HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

<u>สมการ</u> 4 $BOH(aq) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} B^+(aq) + OH^-(aq)$

ซึ่งสมการ 3 แสดงการเกิดปฏิกิริยาให้ H_3O^+ ได้บางส่วน ดังนั้นสารละลาย HA ในสมการนี้เป็นกรดอ่อน ส่วนสมการ 4 แสดงการเกิดปฏิกิริยาให้ OH^- ได้บางส่วน ดังนั้นสารละลาย BOH ในสมการนี้เป็นเบสอ่อน

3.2 ครูถามว่า “เนื่องจากการแตกตัวของกรดแก่ (จากสมการที่ 1) และเบสแก่ (จากสมการที่ 2) สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นถ้าทราบความเข้มข้นของกรดแก่หรือเบสแก่นั้น จะคำนวณหาความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- ได้อย่างไร” ให้นักเรียนยกตัวอย่างการแตกตัวของ HNO_3, NaOH และ $Ba(OH)_2$

เนื่องจากกรดแก่และเบสแก่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ที่แตกตัวเป็นไอออนได้มากหรือแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ จึงเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว ถ้าทราบความเข้มข้นของกรดแก่หรือเบสแก่จะสามารถบอกความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายได้ เช่น สารละลาย HNO_3 เข้มข้น 1 mol/dm^3 จะแตกตัวให้ H_3O^+ และ NO_3^- ชนิดละ 1 mol/dm^3 ดังนี้

$$HNO_3(aq) + H_2O(l) \longrightarrow \underset{1\ mol/dm^3}{H_3O^+(aq)} + \underset{1\ mol/dm^3}{NO_3^-(aq)}$$

ส่วนเบสแก่ เช่น สารละลาย NaOH เข้มข้น 1 mol/dm^3 ก็จะแตกตัวให้ Na^+ และ OH^- ชนิดละ 1 mol/dm^3 เช่นกัน ดังนี้

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} \underset{1\ mol/dm^3}{Na^+(aq)} + \underset{1\ mol/dm^3}{OH^-(aq)}$$

ถ้าเบสแก่เป็น $Ba(OH)_2$ เข้มข้น 1 mol/dm^3 จะแตกตัวให้ Ba^{2+} 1 mol/dm^3 และ OH^- 2 mol/dm^3 ดังสมการ

$$Ba(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} \underset{1\ mol/dm^3}{Ba^{2+}(aq)} + \underset{2\ mol/dm^3}{2OH^-(aq)}$$

จากความรู้เรื่องการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายกรดแก่และเบสแก่ สามารถคำนวณหาปริมาณไอออนหรือความเข้มข้นของไอออนในสารละลายได้ เมื่อทราบความเข้มข้นของสารละลายกรดแก่หรือเบสแก่นั้น ๆ ซึ่งตัวอย่างการคำนวณศึกษาได้ในใบความรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรดและเบส

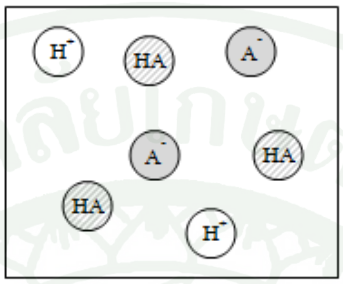
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 จากแบบจำลองที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับสมการ 3 นักเรียนจะอภิปรายเกี่ยวกับการคำนวณการแตกตัวของกรดอ่อนได้อย่างไร

ครูนำสมการที่นักเรียนเขียน**การแตกตัวของกรดอ่อน** ดังนี้

<u>สมการ</u> 3 $HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

(สอดคล้องกับภาพ 1)



ภาพ 1

จากนั้นครูถามคำถามเพื่อนำไปสู่การอธิบาย ดังนี้

- “จากภาพนักเรียนจะอธิบายการแตกตัวของกรดเป็นอย่างไร” (กรดอ่อน จัดเป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน เนื่องจากแตกตัวเป็นไอออนได้เพียงบางส่วนและยังมีโมเลกุลของกรดละลายอยู่ในสารละลาย)

- “จากสมการเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นย้อนกลับได้ นักเรียนจะอธิบายสมดุลการแตกตัวได้ว่าอย่างไร และจะนำไปสู่การคำนวณหาความเข้มข้นของ H_3O^+ ได้อย่างไร” (การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ณ ภาวะสมดุลจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนกับไอออนที่เกิดจากการแตกตัว การบอกความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนในสารละลายของกรดอ่อนจึงต้องทราบว่าโมเลกุลของกรดแตกตัวไปเท่าใด ครูกล่าวเพิ่มเติมว่า โดยทั่วไปนิยมบอกการแตกตัวของกรดอ่อนเป็นร้อยละ เช่น HA เป็นกรดอ่อนที่แตกตัวเป็นไอออนไม่หมด และมีภาวะสมดุลเกิดขึ้น ดังนี้

$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

ในสารละลายจึงมีโมเลกุลของ HA H_3O^+ และ A^- ผสมอยู่ด้วยกัน

- “ถ้าสารละลาย HA เข้มข้น 1 mol/dm^3 แตกตัวได้ร้อยละ 5 จะคำนวณหาปริมาณไอออนที่แตกตัวได้อย่างไร” สารละลาย HA เข้มข้น 1 mol/dm^3 แตกตัวได้ร้อยละ 5 หมายความว่าในสารละลายปริมาตร 1 dm^3 มีกรด HA ละลายอยู่ 1 mol เมื่อถึงภาวะสมดุลจะมีกรด HA เพียง 0.05 mol เท่านั้นที่แตกตัวเป็นไอออน ดังนั้นถ้าทราบปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดอ่อน จะคำนวณหาจำนวนโมลของกรดอ่อนที่แตกตัวหรือจำนวนโมลของไอออนที่เกิดขึ้นได้”

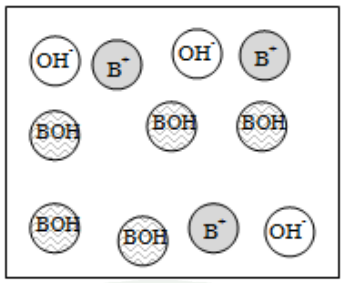
3.4 ครูถามว่า “จากแบบจำลองที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับสมการ 4 นักเรียนจะอภิปรายเกี่ยวกับการคำนวณการแตกตัวของเบสอ่อนได้อย่างไร”

ครูนำสมการที่นักเรียนเขียน**การแตกตัวของเบสอ่อน** ดังนี้

<u>สมการ</u> 4 $BOH(aq) \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} B^+(aq) + OH^-(aq)$

(สอดคล้องกับภาพ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



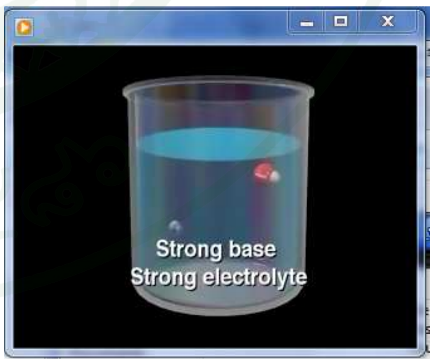
ภาพ 4

ในสารละลายเบสอ่อน จะมีไอออนซึ่งเกิดจากการแตกตัวของเบสอ่อนนั้นและเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เช่นเดียวกับกรดอ่อน การบอกความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายของเบสอ่อนจึงต้องทราบว่าโมเลกุลของเบสแตกตัวไปเท่าใด คือ จะต้องทราบปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของเบสอ่อน จึงจะคำนวณหาจำนวนโมลของเบสอ่อนที่แตกตัวหรือจำนวนโมลของไอออนที่เกิดขึ้นได้

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง (Model evaluation)

4.1 นักเรียนศึกษาการแตกตัวของกรดและเบส จากแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ เรื่อง Aqueous Acids in Action และ Aqueous Bases in Action ซึ่งจะพบว่า กรดชนิดแรก สามารถแตกตัวให้ H^+ ออกไปและไม่เกิดการจับตัวกันใหม่ ในขณะที่กรดอีกชนิดเมื่อแตกตัวให้ H^+ ไปแล้ว H^+ ยังสามารถกลับมารวมตัวเป็นโมเลกุลได้อีก เช่นเดียวกับเบส คือ เบสชนิดที่แตกตัวให้ OH^- ทั้งหมดและไม่กลับมารวมตัวกันใหม่ ชนิดที่ 2 เบสรับ H^+ จาก H_2O และ H^+ อาจสูญสียกลับไปเป็น H_2O ได้อย่างเดิม

“Aqueous Acids in Action”



“Aqueous Bases in Action”

ซึ่งแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ ทำให้มองเห็นการแตกตัวของกรดและเบสได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากแสดงในรูปการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติจึงนำมาปรับปรุงแบบจำลองที่ได้สร้างในขั้นที่ 1 ให้ดีขึ้น

4.2 ครูเชื่อมโยงความรู้เรื่องการแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อนกับสมดุลเคมี โดยถามว่า “จากความรู้เรื่องสมดุลเคมีและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ช่วยให้ทราบว่าสารละลายกรดอ่อนแตกตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นไอออนได้ไม่หมด มีภาวะสมดุลและหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาได้ ดังนั้น จะเขียนค่าคงที่สมดุลได้อย่างไร”

ถ้าละลายกรดอ่อน HA ในน้ำ เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล เขียนสมการและค่าคงที่สมดุลได้ดังนี้

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

$$K = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA][H_2O]}$$

4.3 ครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ในสารละลายมีน้ำอยู่เป็นปริมาณมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตัวละลาย จึงถือได้ว่าความเข้มข้นของน้ำมีค่าคงที่ เมื่อจัดสมการให้อยู่ในรูปใหม่จะได้ค่าคงที่ใหม่ซึ่งเรียกว่า **ค่าคงที่ของการแตกตัวของกรด** ใช้สัญลักษณ์ K_a ดังนี้

$$K[H_2O] = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

4.4 ครูถามต่อว่า “ค่าคงที่สมดุลของกรดช่วยในการทำนายการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร”

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาจะบอกให้ทราบว่า ปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้ามากน้อยเพียงใด ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อนก็เช่นเดียวกัน จะบอกให้ทราบว่ากรดอ่อนนั้นแตกตัวเป็นไอออนได้มากน้อยเพียงใด กรดที่มีค่า K_a สูงจะแตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่ากรดที่มีค่า K_a ต่ำ ค่าคงที่การแตกตัวของกรดแต่ละชนิดในน้ำ สามารถดูได้จากตาราง 5.2 และ 5.3 ในใบความรู้ที่ 5

4.5 ครูเชื่อมโยงไปสู่เรื่องการเขียนค่าคงที่สมดุลของเบส โดยถามว่า “การแตกตัวของเบสอ่อน ตัวอย่างเช่น การแตกตัวของแอมโมเนีย จะเขียนในรูปของค่าคงที่สมดุลได้อย่างไร

จากการทดลองในกิจกรรมที่ 1(จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) ได้ทราบแล้วว่าสารละลายแอมโมเนียเป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน เมื่อละลายน้ำจะมีภาวะสมดุลเกิดขึ้น ดังสมการ

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

การแตกตัวของเบสอ่อนสามารถคำนวณค่าคงที่สมดุลได้เช่นเดียวกับกรดอ่อน ซึ่งจะได้เป็น **ค่าคงที่การแตกตัวของเบส** ใช้สัญลักษณ์ K_b ค่าคงที่การแตกตัวของแอมโมเนียจึงเขียนความสัมพันธ์แสดงได้ดังนี้

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

ตัวอย่างค่าคงที่การแตกตัวของเบสบางชนิดแสดงในตารางที่ 5.4 ในใบความรู้ที่ 5

4.6 ครูถามต่อว่า “ค่าคงที่สมดุลของเบสช่วยในการทำนายการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร”

ค่าคงที่การแตกตัวของเบสอ่อน จะบอกให้ทราบถึงความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้ เช่นเดียวกับค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน นอกจากนี้ความสามารถในการแตกตัวให้ OH^- ของเบสอ่อนก็บอกเป็นร้อยละเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

5.1 นักเรียนศึกษาการแตกตัวของกรดและเบสที่เป็นไดโปรติกและโพลีโปรติก

5.2 จากการทดสอบความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลายกรดและเบส โดยเปรียบเทียบจากความสว่างของหลอดไฟ พบว่าสารละลายกรดแก่แตกตัวเป็นไอออนได้มาก หลอดไฟจึงสว่างมาก ส่วนสารละลายกรดอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย หลอดไฟจึงสว่างน้อย ความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนของกรดและเบส นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดและเบสแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกซึ่งศึกษาได้จากกราฟรูป 5.1 กราฟการแตกตัวของกรดแอซีติกที่ความเข้มข้นต่างๆ ในใบความรู้ที่ 5

นอกจากความเข้มข้นของสารละลายแล้วยังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่มีผลต่อการแตกตัวของสารละลายกรด ให้ศึกษาข้อมูลในตาราง 5.5 และรูป 5.2 กราฟแสดงการนำไฟฟ้าของสารละลายกรดบางชนิดที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ณ อุณหภูมิต่างกัน

ตาราง 5.5 การนำไฟฟ้าของสารละลายกรดบางชนิดที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ณ อุณหภูมิต่างกัน

สารละลาย (0.5 mol/dm^3)	**การนำไฟฟ้าของสารละลาย (Ohm^{-1}cm^{2}mol^{-1}) ที่อุณหภูมิ (^{O}C) ต่าง ๆ**					
	0	10	20	30	40	50
กรดไฮโดรคลอริก	228.7	283.0	336.4	386.8	436.9	482.4
กรดไฮโดรโบรมิก	240.9	295.9	347.0	398.9	453.6	496.8

จากข้อมูลในตาราง พบว่าสารละลาย HCl และ HBr ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากันแต่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน สารละลายกรดแต่ละชนิดจะนำไฟฟ้าได้แตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิสูงจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แสดงว่าที่อุณหภูมิสูงสารละลายกรดแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

5.3 นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 5.2 การแตกตัวของกรดและเบส

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 5.1 และ 5.2 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส
3. อุปกรณ์และสารเคมี
   3.1 สารละลาย HCl, CH_3COOH, NaOH และ NH_3
   3.2 บีกเกอร์ขนาด 150 mL
   3.3 เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า
   3.4 กระดาษลิตมัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัดและประเมิน
1. อธิบายและเปรียบเทียบการแตกตัวของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน เบสอ่อน	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบกิจกรรม	- ประเด็นการซักถาม - ใบกิจกรรมที่ 5.1 และ 5.2	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
2. เขียนสมการแสดงการแตกตัวเป็นไอออนของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน เบสอ่อน	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบกิจกรรม	- ประเด็นการซักถาม - ใบกิจกรรมที่ 5.1 และ 5.2	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
3. คำนวณหาความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดแก่และเบสแก่	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบกิจกรรม	- ประเด็นการซักถาม - ใบกิจกรรมที่ 5.2	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
4. คำนวณหาร้อยละของการแตกตัว ค่าคงที่สมดุลของกรดและเบส และความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดอ่อนและเบสอ่อน เมื่อทราบค่าคงที่สมดุลของกรดหรือเบส	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบกิจกรรม	- ประเด็นการซักถาม - ใบกิจกรรมที่ 5.2	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัดและประเมิน
5. สามารถเขียนสมการการแตกตัวเพื่อเปรียบเทียบการแตกตัวของกรดมอนอโปรติกและพอลิโปรติก	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบกิจกรรม	- ประเด็นการซักถาม - ใบกิจกรรมที่ 5.2	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
6. สร้างแบบจำลองแสดงลักษณะการแตกตัวของกรดและเบส	- ชิ้นงานหรือแบบจำลอง	- แบบประเมินแบบจำลอง	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
7. สนใจ มุ่งมั่น มีความรับผิดชอบและซื่อสัตย์ในการค้นคว้าหาคำตอบ 8. ทำงานตามบทบาทและหน้าที่โดยใช้กระบวนการกลุ่ม	- การสังเกตพฤติกรรมในระหว่างการทำกิจกรรม - การซักถาม - การอภิปราย	- ประเด็นการซักถาม - ใบกิจกรรม - แบบประเมินการทำงานกลุ่ม	นักเรียนได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 มีส่วนร่วมในการถามคำถาม แสดงความคิดเห็นและอภิปรายในระหว่างการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 **เรื่อง** การแตกตัวของกรดและเบส

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้บันทึก

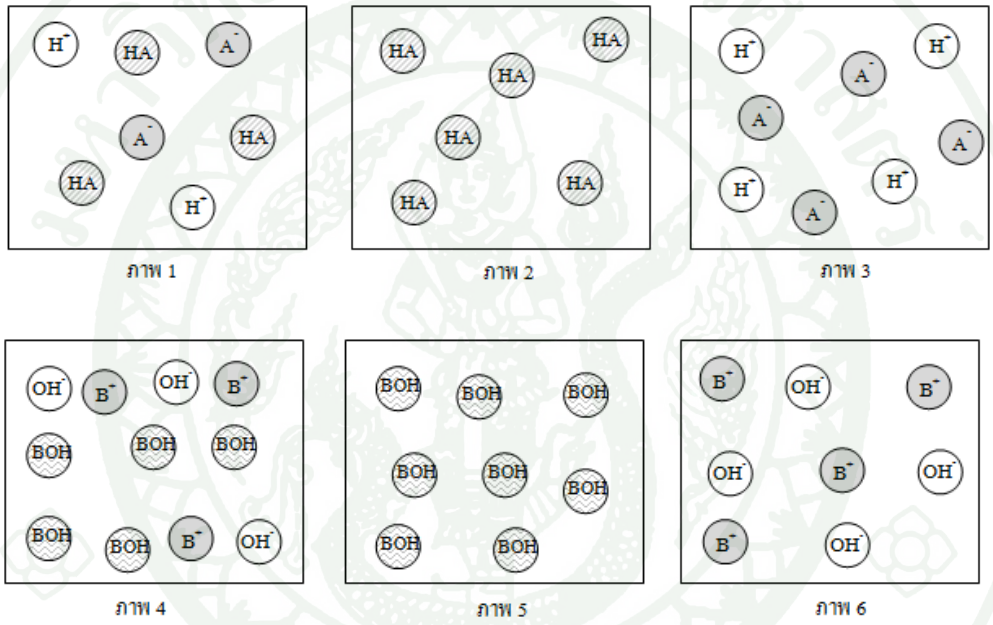
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 5.1 การแตกตัวของกรดและเบส

1. ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... 2. ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ .....

<u>คำชี้แจง</u>

ให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ทั้ง 4 โดยเลือกภาพต่อไปนี้ให้เหมาะสมกับสิ่งที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา (โดยการแตกตัวตัวของน้ำ จะให้ H_3O^+ และ OH^- ในบีกเกอร์ทั้ง 4 แต่จะไม่แสดงในภาพ)



ภาพที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 1 คือ ..... เพราะ.....

.....

ภาพที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 2 คือ ..... เพราะ.....

.....

ภาพที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 3 คือ คือ ..... เพราะ.....

.....

ภาพที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์ที่ 4 คือ ..... เพราะ.....

.....

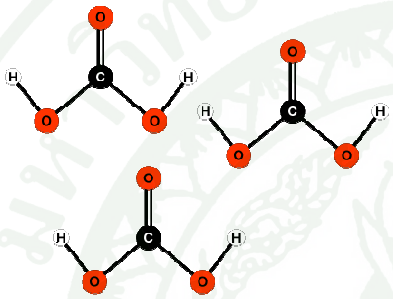
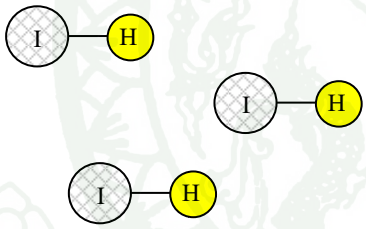
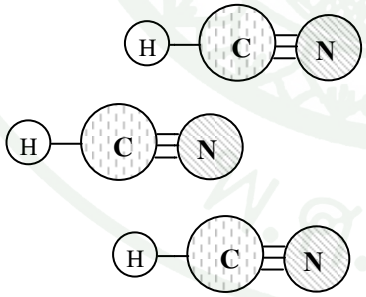
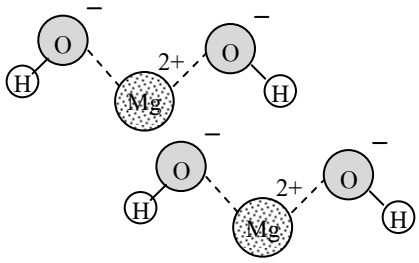
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 5.2 การแตกตัวของกรดและเบส

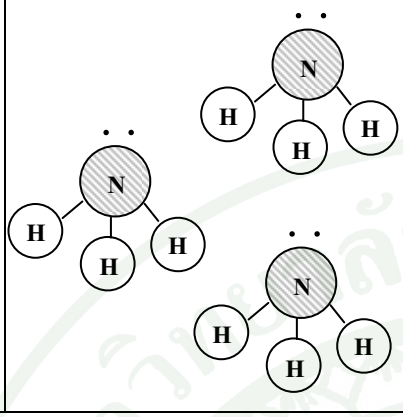
ชื่อ – สกุล .....ชั้น..... เลขที่ .....

<u>คำชี้แจง</u>

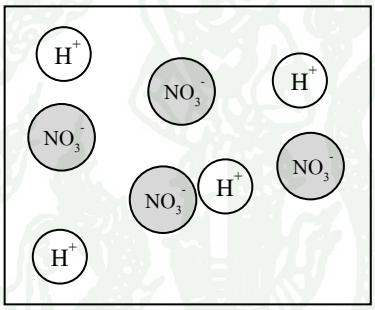
1. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการแตกตัวของของสารต่อไปนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา

ข้อที่	ก่อนทำปฏิกิริยากับ H_2O	การดำเนินไปของปฏิกิริยา	หลังทำปฏิกิริยากับ H_2O
1.1			
1.2			
1.3			
1.4			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อที่	ก่อนทำปฏิกิริยากับ H_2O	การดำเนินไปของปฏิกิริยา	หลังทำปฏิกิริยากับ H_2O
1.5			

2. สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) มีการแตกตัวเป็นไอออนดังภาพ



ถ้าสารละลายกรดไนตริก (HNO_3) มีความเข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 100 cm^3 จะมีไฮโดรเนียมไอออนกี่โมล และถ้าเติมน้ำลงไปให้มีปริมาตรเป็น 500 cm^3 จะมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

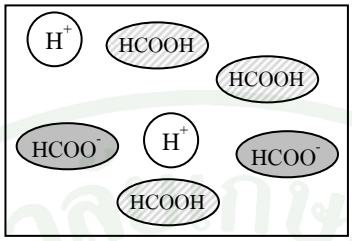
.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. สารละลายกรด HCOOH เข้มข้น 0.2 mol/dm^3 จะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่าใด และกรดนี้แตกตัวเป็นไอออนได้ร้อยละเท่าใด กำหนดค่า K_a ของ HCOOH เท่ากับ $1.8X10^{-4}$ และการแตกตัวของ HCOOH เป็นดังภาพ



.....

.....

.....

.....

.....

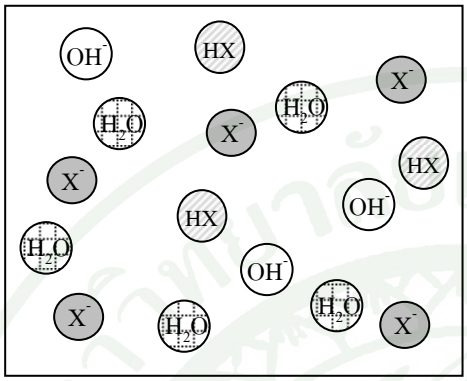
.....

.....

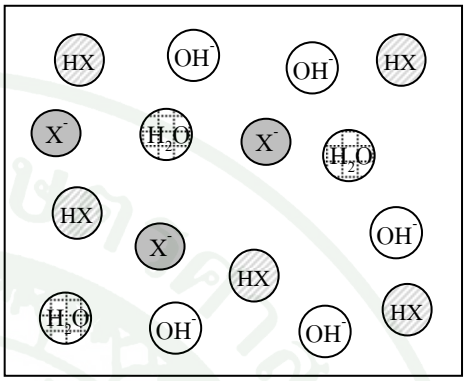
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สารละลาย NaX มีสมบัติเป็นเบส ถ้าสารละลายนี้มีความเข้มข้น 2 mol/dm^3 จงหาความเข้มข้นของ OH^- เมื่อค่า K_b ของ $X^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HX(aq) + OH^-(aq)$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-4} และภาพแบบจำลองแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ถูกต้อง



ภาพ A



ภาพ B

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวฮามีด๊ะ มูสอ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 26 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) สาขาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาเคมี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผลงานดีเด่นหรือรางวัลทางวิชาการ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ดีเด่นในโครงการ “The 2nd APEC Future Scientist Conference”
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์