การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

วิทยานิพนธ์

ของ

วัลลภ ปริญทอง

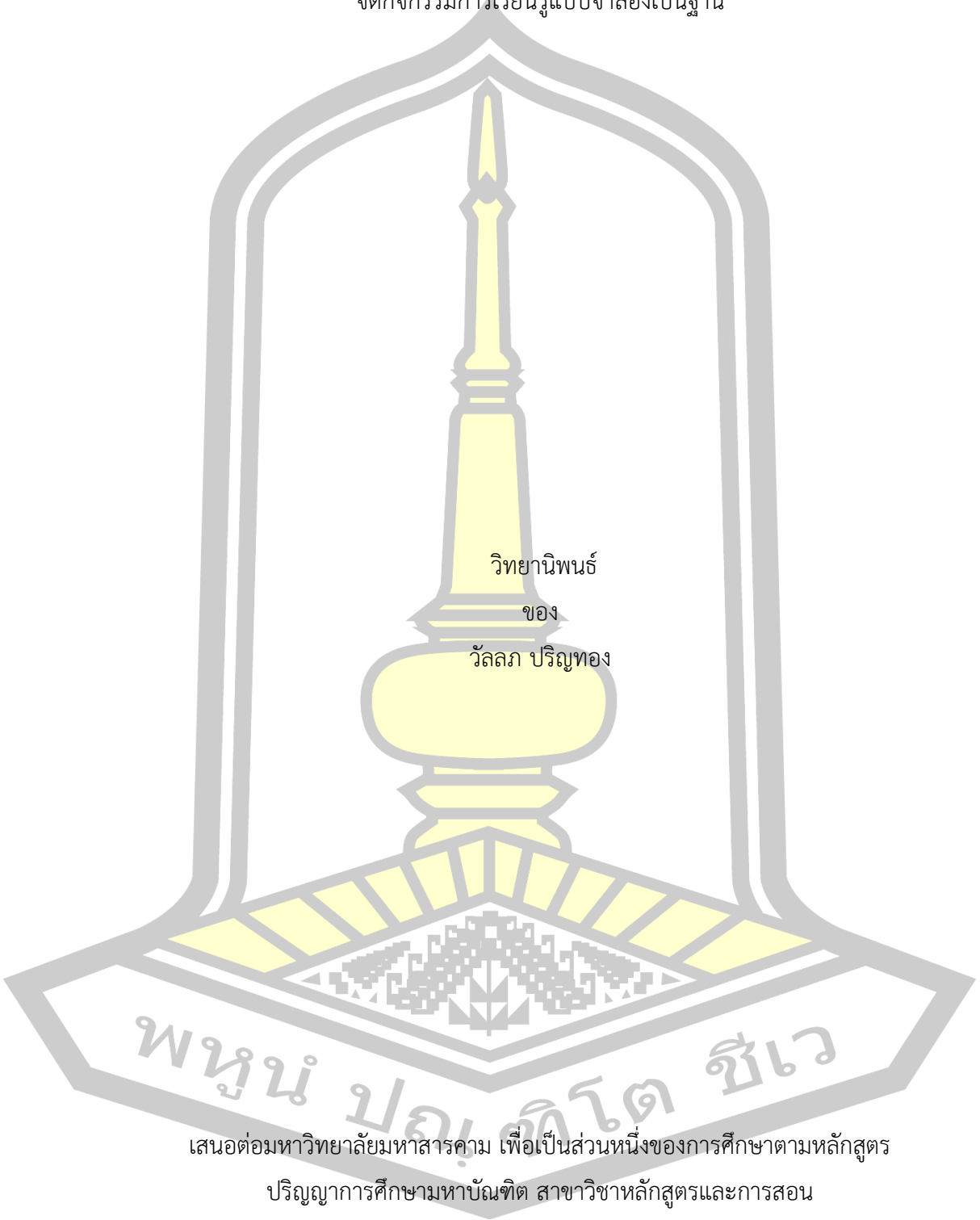
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กันยายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน



วิทยานิพนธ์

ของ

วัลลภ ปริญทอง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

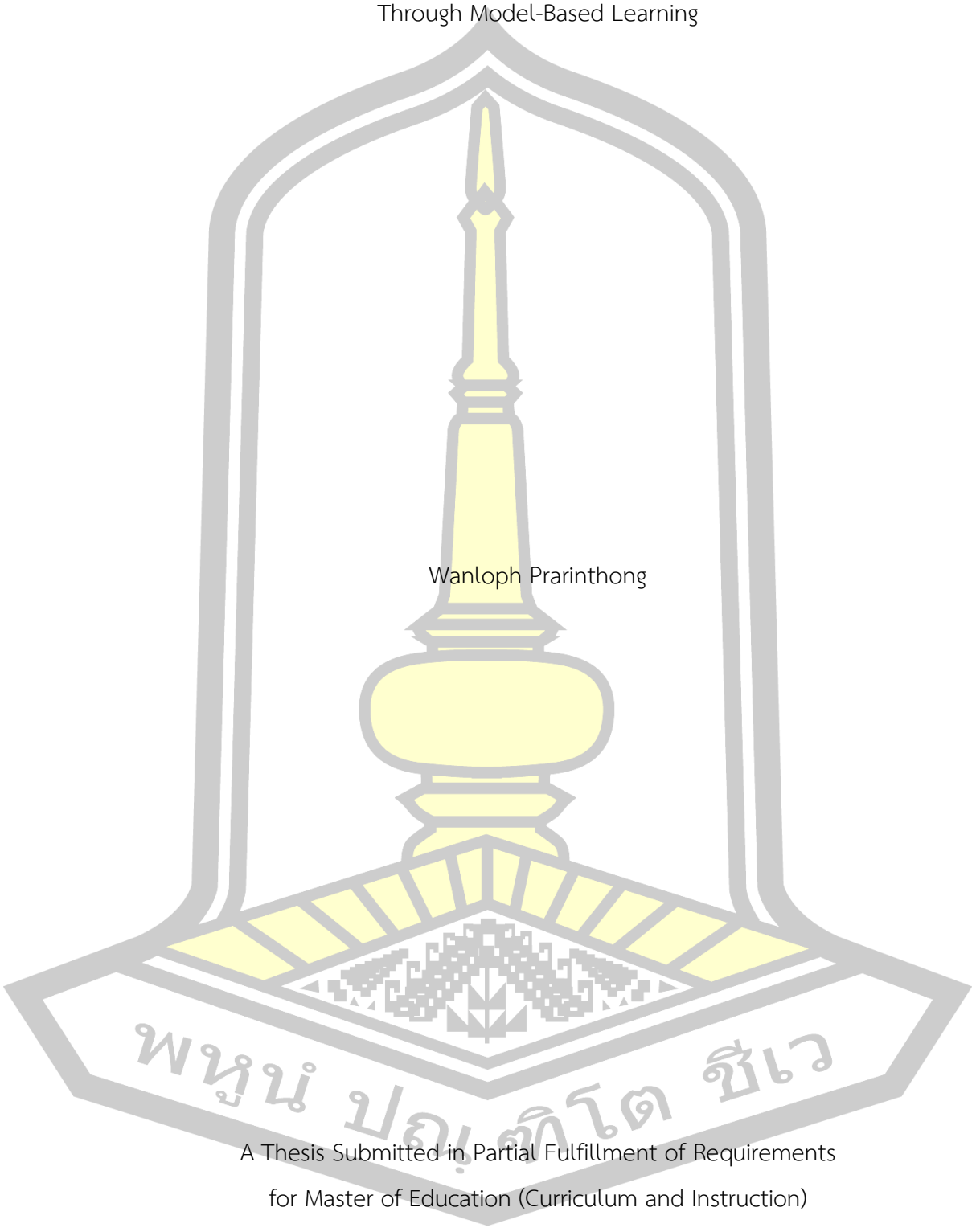
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กันยายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Modelling Skill of Mattayomsuksa 5 Students Entitle Acid-Base Through Model-Based Learning

Wanloph Prarinthong



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Curriculum and Instruction)

September 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายวัลลภ ปริญทอง แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. จิระพร ชะโน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ญาณภัทร สีหะมงคล)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. ปาริชาติ ประเสริฐสังข์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีวา

ชื่อเรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
ผู้วิจัย วัลลภ ปริญทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** หลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 22 คน ชาย 10 คน หญิง 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส 8 แผน แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100

คำสำคัญ : การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง, กรด–เบส, การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE Development of Modelling Skill of Mattayomsuksa 5 Students Entitle Acid-Base Through Model-Based Learning

AUTHOR Wanloph Prarinthong

ADVISORS Associate Professor Prasart Nuangchalerm , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Curriculum and Instruction

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2020

ABSTRACT

The objective of this study aimed to develop of modelling skill of Mattayomsuksa 5 students Entitle Acid–Base by using model-based learning. The target group in this study consisted of 22 Mattayomsuksa 5 students attending in the second semester of academic year 2019, Suksasongkhortawatburi Roi–et province school, Thawatburi district, Roi–et province, Special Education Bureau. The instrument used in this study were : 1) 8 lesson plans of acid–base 2) the behavior observation of science model 3) modelling ability in making science model. The statistics used for analyzing data were percentage, mean, and standard deviation.

The result of the study revealed that

1. The first cycle process evaluating through the criteria found that the score achievement of 70% of students is 21–28, 61-81% (22 students) 12 students (54.54%) pass the criteria had achieved score of 70% or higher, and 10 students (45-45) did not pass the criteria.

2. The first cycle process evaluating through the criteria found that the score achievement of 70% of students is 21–28, percent passed the criteria, had achieved score of 70% or higher.

Keyword : Development of Modelling Skill, Acid-Base, Model-Based Learning

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้การอบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและการทำงาน ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพร ชะโน ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์ที่คุ้มค่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้ ตลอดจนได้ให้คำสอน ชี้แนะแนวทางทำให้ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ผู้อำนวยการ ดร.อนงค์ พืชสิงห์ อาจารย์ประเทืองสุข มณีล้ำ และคุณครูชวนชื่น มลิลา ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย โดยให้คำแนะนำอย่างดียิ่งซึ่งเป็นส่วนสำคัญให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุลวงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.อนงค์ พืชสิงห์ ผู้อำนวยการโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ตลอดจนครู-บุคลากรทางการศึกษาทุกท่านในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความเป็นกันเอง ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน จนทำให้รู้สึกซาบซึ้งในน้ำใจที่ได้รับ และที่สำคัญขอขอบคุณนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 ประจำปีการศึกษา 2562 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอบพระคุณ คุณพ่อบรรจง ปริญทอง คุณแม่ทองใหม่ ปริญทอง นายสุริยะ คุณวันดี ญาติ พี่น้องที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การอบรม สั่งสอน ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต

วัลลภ ปริญทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ความสำคัญของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) 8

สาระเพิ่มเติม : เคมี 15

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน 53

ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 73

บริบทโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด 82

วิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) 84

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 101

งานวิจัยในประเทศ 101
งานวิจัยต่างประเทศ 105
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 108
กลุ่มเป้าหมาย 108
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 110
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 110
รูปแบบการวิจัย 127
วิธีการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 130
การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล 134
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 135
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 138
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 138
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 138
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 138
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 168
ความมุ่งหมายของการวิจัย 168
สรุปผล 168
อภิปรายผล 169
ข้อเสนอแนะ 172
บรรณานุกรม 174
ภาคผนวก 184
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวแบบจำลองเป็นฐาน 185
ภาคผนวก ข แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 206
ภาคผนวก ค แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 212

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ง ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน..... 225
ภาคผนวก จ หนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย 233
ภาคผนวก ฉ การหาคุณภาพของเครื่องมือ 240
ภาคผนวก ช เอกสารรับรองโครงการวิจัย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน 247
ประวัติผู้เขียน..... 250

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 สรุปประโยชน์ของสารละลายกรดและเบสบางชนิด 25

ตาราง 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้และเวลาที่ใช้ เรื่อง กรด–เบส โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน 111

ตาราง 3 แสดงแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส 122

ตาราง 4 แสดงกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 134

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ . 135

ตาราง 6 แสดงผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 146

ตาราง 7 แสดงผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 149

ตาราง 8 แสดงผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 161

ตาราง 9 แสดงผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 163

ตาราง 10 แสดงผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 1 241

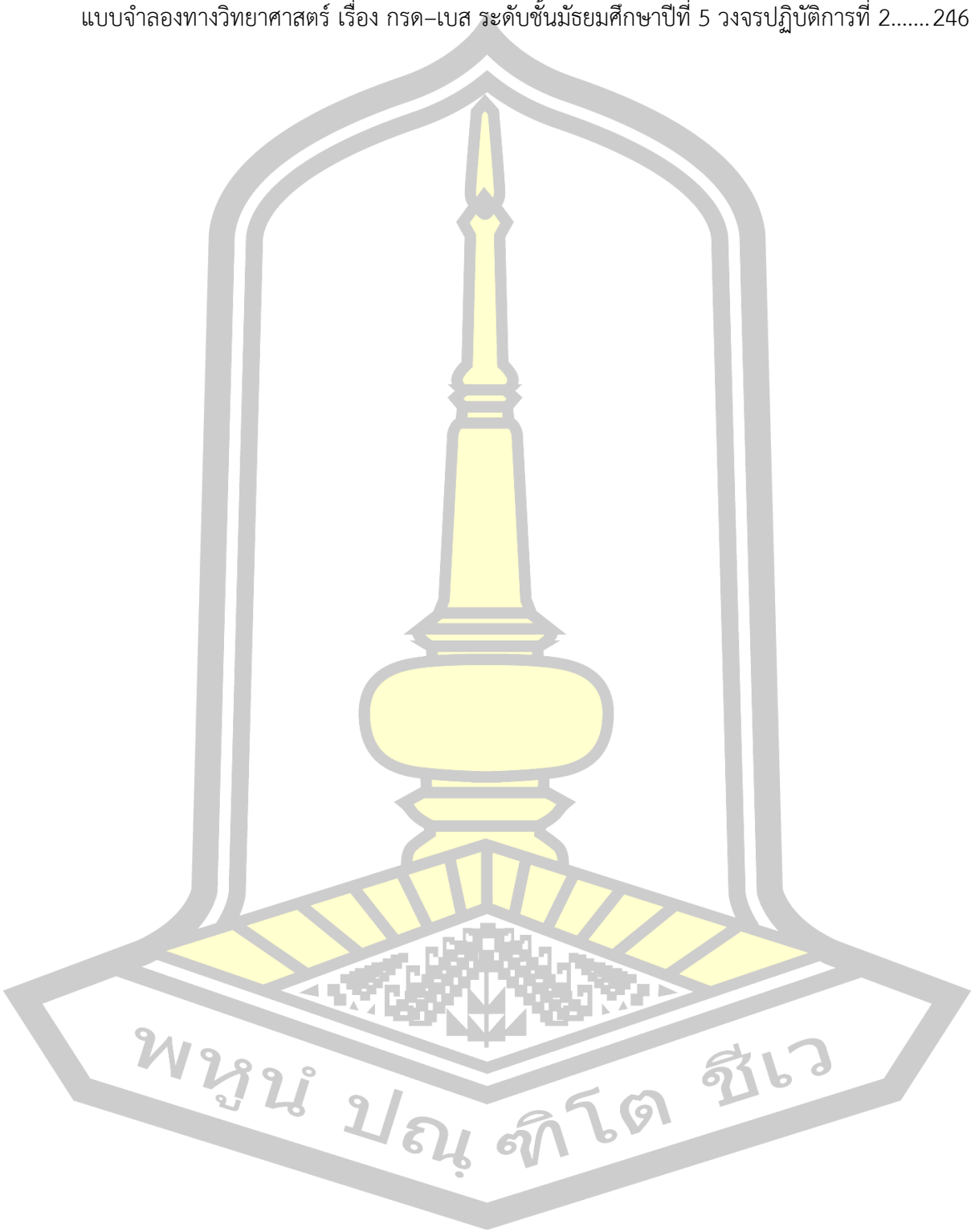
ตาราง 11 แสดงผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 2 242

ตาราง 12 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 1 243

ตาราง 13 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 2 244

ตาราง 14 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 1 245

ตาราง 15 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 2.....246



สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 แสดงการเป็นอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของสาร 22

ภาพประกอบ 2 แสดงไฮโดรเนียมไอออน 23

ภาพประกอบ 3 แสดงการแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ 34

ภาพประกอบ 4 แสดงสารประกอบไอออนิก (เกลือ) 39

ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการไทเทรตกรด-เบสและปฏิกิริยาการไทเทรตถึงจุดสมมูล 44

ภาพประกอบ 6 แสดงอินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรต 48

ภาพประกอบ 7 แสดงกราฟการไทเทรตระหว่างกรดแก่และเบสแก่ 48

ภาพประกอบ 8 กราฟแสดงการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่และอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม 49

ภาพประกอบ 9 กราฟของการไทเทรตระหว่าง 0.1000 M NH_3 กับ 0.1000 M HCl 50

ภาพประกอบ 10 แสดงการควบคุม pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ 53

ภาพประกอบ 11 แสดงกระบวนการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน 55

ภาพประกอบ 12 แสดงแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ 56

ภาพประกอบ 13 แสดงประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้สร้างเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ 63

ภาพประกอบ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันของแบบจำลองทางความคิด แบบจำลองที่แสดงออกและปรากฏการณ์ 68

ภาพประกอบ 15 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart 99

ภาพประกอบ 16 แสดงการดำเนินการของวงจรปฏิบัติการ 127

ภาพประกอบ 17 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารละลายอิล็กโทรไลต์ 139

ภาพประกอบ 18 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส และคู่กรด-เบส 141

ภาพประกอบ 19 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส 143

ภาพประกอบ 20 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ..... 145

ภาพประกอบ 21 แสดงแผนภูมิผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีไว้ที่ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80..... 150

ภาพประกอบ 22 แสดงแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส..... 153

ภาพประกอบ 23 แสดงแบบจำลอง เรื่อง การไทเทรต 155

ภาพประกอบ 24 แสดงแบบจำลอง เรื่อง การประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน 157

ภาพประกอบ 25 แสดงแบบจำลอง เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์..... 159

ภาพประกอบ 26 แสดงผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีไว้ที่ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80..... 164

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

กระบวนการจัดการเรียนการสอนนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้โดยมีมโนมติที่ถูกต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้สรุปแนวทางเกี่ยวกับการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นไปตามแนวปฏิรูปตามมาตรฐาน 22 จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2545 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) การศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนมีความสำคัญและส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ ถือว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้และพัฒนาตนเองได้ สอดคล้องกับความเชื่อของนักปรัชญา Constructivism ที่เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (Human construction) ภายในจิตใจจากการทำความเข้าใจ (Make sense) หรือให้ความหมาย (Construct meaning) กับเหตุการณ์ ประสบการณ์หรือข้อสนเทศ โดยอาศัยความรู้เดิม ความเชื่อ ทฤษฎีและความคาดหวังของตนในการแปลความหมาย เพื่อทำความเข้าใจต่อสถานการณ์นั้น (วรรณจรีย์ มังสิงห์, 2541)

ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivist เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ โดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญา และมานุษยวิทยา ว่าความรู้คืออะไร และได้มาอย่างไร ทฤษฎีนี้จึงอธิบาย “ความรู้” ว่าเป็นสิ่งชั่วคราว มีพัฒนาการ ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ส่วน “การเรียนรู้” ถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง ในการต่อสู้กับสถานการณ์หรือความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม โดยผ่านกิจกรรมทางสังคมผ่านการร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540) อรวรรณ หอมพรมมา (2553) ความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นจากการพยายามทำความเข้าใจ (Make sense) หรือสร้างความหมาย (Construct meaning) กับเหตุการณ์ ประสบการณ์หรือสารสนเทศต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมของตนที่มีอยู่

ธรรมชาติของวิชาเคมีเป็นวิชาที่ประกอบด้วยเนื้อหาที่เป็นนามธรรมต้องใช้จินตนาการในการคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหากับประสบการณ์และชีวิตประจำวันของนักเรียน (Orgill and Bordner, 2004) การที่จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพนั้น ครูผู้สอนจะต้องช่วยเสริมต่อการเรียนรู้

(Scaffolding) แก่นักเรียนอย่างเต็มที่ต้องคอยช่วยเหลือและแนะนำ ซึ่งอาจทำได้หลากหลายวิธีตามกรอบแนวคิดของ Bordner (1986) โดยครูต้องทำเป็นแบบอย่าง (Modeling) ครูต้องเป็นผู้ฝึกสอน (Coaching) ครูต้องจัดลำดับความยากง่ายของเนื้อหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน (Sequencing) ครูต้องลดความยุ่งยากซับซ้อนของเนื้อหาทำให้เรื่องยากเข้าใจง่าย (Reducing complexity) ครูต้องหาลักษณะเด่นหรือจุดสำคัญที่สามารถจดจำได้ง่ายแก่ผู้เรียน (Marking critical features) (อรวรรณ หอมพรมมา, 2553) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงควรส่งเสริมและเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้วิชาเคมีอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (จินดา พราหมณ์ชู, 2553) เนื้อหาส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม เนื่องจากเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งไม่สามารถมองเห็นจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี นักเคมีมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารใน 3 ระดับ (จินดา พราหมณ์ชู, 2553) ด้วยกัน กล่าวคือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง แต่ไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากจะกล่าวถึงอิเล็กตรอน โมเลกุลและอะตอมและระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) เป็นสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางเคมี เพื่อเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคกับระดับจุลภาค

การเรียนรู้และเข้าใจแบบจำลองจึงเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเห็นได้จากการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์แทบทุกสาขาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี มีการใช้แบบจำลองที่หลากหลาย ทั้งนี้เพราะเนื้อหา วิชาเคมีส่วนใหญ่ค่อนข้างซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ แต่หากนักเรียนเข้าใจ แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะสามารถเข้าใจแนวคิดในวิชาเคมีได้ง่ายขึ้น ดังคำกล่าวของ Coll (1999) ที่ว่า “เป็นการยากที่จะเข้าใจวิชาเคมีหากปราศจากความเข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง” โดยแบบจำลองที่นักเคมีสร้างขึ้นมานั้นจะแสดงให้เห็นภาพที่อยู่ในสมอง โดยจะมีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลหรือที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่นักเคมีสร้างขึ้นก็จะมีการนำเสนอให้ผู้อื่นได้รับรู้ในหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม คำพูดหรือภาพวาด ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเรียกว่าแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) และถ้าหากแบบจำลองที่แสดงออกมาผ่านการตรวจสอบจนเป็นที่ยอมรับของประชาคมวิทยาศาสตร์ก็จะถูกพัฒนาไปเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) ที่มีความถูกต้องและสมบูรณ์ (Gilbert, 2005) ดังนั้น เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีจึงมุ่งเน้นให้นักเรียนคิดอย่างนักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากประสบการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมีพื้นฐาน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ พบปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่นักเรียนอภิปรายในบทเรียนรายวิชาเคมีในระดับสูงขึ้น เรื่อง กรด–เบส ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยาย โดยใช้คำถาม อภิปราย เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิม แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมทั้งลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีที่กำหนดให้เรียนมีจำนวนมาก ค่อนข้างซับซ้อนและจัดอยู่ในระดับจุลภาค ซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ และถูกตีความหมายออกมาเป็นเนื้อหาในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งอาจจะนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้นไปอีก จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่แสดงออกจากกิจกรรมผ่านสถานการณ์หรือปัญหาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนได้ลงมือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นด้วยตนเอง การอภิปรายและให้นักเรียนสรุปความรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองของตนเองนักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี (2562), สุรชิต ชูแสง (2559) รวมทั้งการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี สามารถลดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ได้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจึงสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560), ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ (2560), สิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (2558) และวรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) การจัดกิจกรรมเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญ ดังนี้ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นแสดงแบบจำลอง ขั้นทดสอบแบบจำลอง และขั้นประเมินแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนลงมือทำกิจกรรมแสดงออกแบบจำลองทางความคิด หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับกับแบบจำลองของตนเองและแก้ไขแบบจำลอง และการประเมินแบบจำลอง สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ อารยา ควัฒน์กุล (2555), ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ (2560) และธณัฏฐา คงทน และคณะ (2559) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพัฒนาแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดได้ทุกระดับ ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้กิจกรรมใช้ส่งเสริมนักเรียนให้แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันและผู้อื่นที่ช่วยอำพวยความสะดวกให้กับนักเรียน โดยการใช้คำถามที่กระตุ้นการเรียนรู้แสดงความคิดเห็นอภิปราย และโต้แย้งร่วมกัน นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมี

ทั้ง 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) สำหรับในแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีการใช้กิจกรรมอุปมาในการจัดการเรียนรู้ และมีการสอดแทรกกิจกรรมที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560), ราตรี ยะคำ (2560), ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) และชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554)

จากแนวคิดสภาพปัญหาและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBL) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เกิดจากความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาหลังจากได้แก้ปัญหา (Problem-Solving) การลงข้อสรุป (Inference) หรือการให้เหตุผล (Reasoning) นักเรียนใช้แบบจำลองตาม ภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จกล่าวคือแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุดมา นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ทักษะที่ 14) ทักษะการสร้างแบบจำลอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง กรด-เบส ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และช่วยจัดระบบเนื้อหาที่มีจำนวนมากและซับซ้อน ผ่านการสร้างและใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเอง อีกทั้งถ้านักเรียนได้นำแบบจำลองไปใช้อธิบาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่จะช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองมากขึ้น สามารถสร้างแบบจำลองที่แสดงมโนทัศน์ได้ชัดเจนในระดับที่สูงขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

ความสำคัญของการวิจัย

เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน รายวิชาเคมีของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และผู้ที่สนใจให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนและสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 22 คน

2. เนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 4 สาระเคมี เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของกรอบแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรักติวิสต์ (Constructivism) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory) และการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน โดยมีแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการบันทึกข้อมูลแบบตรวจรายการ (Check List) ในแต่ละขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) หมายถึง การทำให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐานโดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง นักเรียนจะได้ศึกษาสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวันหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (การทดลอง) หลังจากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษาเข้าสู่สถานการณ์ที่เผชิญเพื่อสร้างแบบจำลองในขั้นถัดไป ในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้นักเรียนจะเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5–6 คน

1.2 ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) หมายถึง ครูกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ หลังจากนั้นครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยสอนโดยสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

1.3 ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) หมายถึง ขั้นที่จะประเมินแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างไว้ โดยทำการประเมินว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน เช่น การทดลองศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรและครูกับนักเรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

1.4 ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) หมายถึง นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือ กฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุด และสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

1.5 ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) หมายถึง การนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อเละเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ โดยมีขั้นตอนของแบบจำลอง

2. ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นความสามารถของบุคคลในการใช้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำงานอย่างประสานสัมพันธ์กันในการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ รูปภาพ แผนผัง ภาพเคลื่อนไหว วัตถุ สิ่งของ รวมถึงการนำเสนอข้อมูลแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่าง ๆ นำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อน (Complex overt Response) และการดัดแปลง (Adaptation) ได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic scoring rubric) พิจารณาคุณภาพของชิ้นงาน เป็นรายองค์ประกอบมีการบรรยายคุณภาพลดหลั่นตามระดับ กระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 3 ประการดังต่อไปนี้

2.1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) หมายถึง นักเรียนรวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุคงทนแบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันแบบตำแหน่งต่อตำแหน่งและเน้นที่ลักษณะสำคัญมักทำจากวัสดุ

2.2 การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) หมายถึง นักเรียนสามารถวาดภาพ สื่อสารออกเป็นภาษา สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ เพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ

2.3 การนำเสนอ (Presentation Model) หมายถึง นักเรียนได้ออกมานำเสนอแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นการสะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนและร่วมกันพิจารณาความถูกต้องของมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พร้อมทั้งในการเปรียบเทียบและสร้างความแตกต่างของแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเดียวกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
2. สาระเพิ่มเติม : เคมี
3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
4. ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
5. บริบทโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด
6. วิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 7.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1. บทนำ

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 8 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ สาระที่ 4 ชีววิทยา สาระที่ 5 เคมี สาระที่ 6 ฟิสิกส์ สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ และสาระที่ 8 เทคโนโลยี ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตร ทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผล การเรียนรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการดำรงชีวิต หรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับ

ความยากง่ายของเนื้อหาทั้ง 8 สาระ ในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา หนังสือเรียน คู่มือครู สื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดและประเมินผล โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดทำขึ้นนี้ได้ปรับปรุงเพื่อให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์ด้วย นอกจากนี้ ยังได้ปรับปรุงเพื่อให้มีความทันสมัยต่อการเปลี่ยนแปลง และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ และทัดเทียมกับนานาชาติ

2. เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต สำรวจตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิดและทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ตั้งแต่วัยเริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษาและเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

3. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี

การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา เป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของ ประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของ สสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลง ภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลม ฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็น ขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

5. วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหารวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

1. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐานและผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกันแล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง เช่น

2.1 เรื่องสารชีวโมเลกุลเดิมเรียนทั้งในสาระชีววิทยาและเคมีได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระชีววิทยา

2.2 เรื่องปิโตรเลียมเดิมเรียนทั้งในสาระเคมีและโลกดาราศาสตร์และอวกาศได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ

2.3 เรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล ไอโซโทปกัมมันตรังสี ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมีและเรื่องพลังงานนิวเคลียร์จัดให้เรียนในสาระฟิสิกส์เนื่องจากเดิมเนื้อหาเหล่านี้ทับซ้อนกันในสาระเคมีและฟิสิกส์

2.4 เรื่องการทดลองของทอมสันและการทดลองของมิลลิแกนเดิมเรียนทั้งในสาระเคมี และฟิสิกส์ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมี

3. ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เช่น

3.1 เรื่องระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยาได้ปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหาและกิจกรรมมีความแตกต่างกันตามความเหมาะสมของระดับผู้เรียน

3.2 เรื่องเทคโนโลยีอวกาศ การเกิดลม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก พายุและมรสุมได้มีการปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหาและกิจกรรมเรียนต่อเนื่องกันจากระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไปสู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อไม่ให้ทับซ้อนกัน

4. ลดทอนเนื้อหาที่ยากเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. มีการเพิ่มเนื้อหาด้านต่าง ๆ ที่มีความทันสมัยสอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคตมากขึ้น เช่น เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา เรื่องทักษะและความปลอดภัยในปฏิบัติการเคมี นวัตกรรมและการแก้ปัญหาที่เน้นการบูรณาการในสาระเคมี เรื่องเทคโนโลยีด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลที่เหมาะสมกับสังคมและเศรษฐกิจดิจิทัลในปัจจุบันรวมทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคเพื่อความสอดคล้องกับความก้าวหน้าของวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ ถึงแม้ว่าสถานศึกษาสามารถจัดให้ผู้เรียนได้เรียนตามความเหมาะสมและตามจุดเน้นของสถานศึกษาแต่ในแนวทางปฏิบัติสถานศึกษาควรจัดให้ผู้เรียน ได้เรียนทุกสาระเพื่อให้มีความรู้เพียงพอในการนำไปใช้เพื่อการศึกษาต่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาของสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศที่สถานศึกษามักมองข้ามความสำคัญของการเรียนสาระนี้ซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อมาช่วยในการอธิบายและเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติทั้งการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลกการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและการเปลี่ยนแปลงทางลมฟ้าอากาศซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดดังกล่าวล้วนส่งผลซึ่งกันและกัน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตด้วยและที่สำคัญคือความรู้ในสาระนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อเพื่อประกอบอาชีพในหลาย ๆ ด้าน เช่น อาชีพ ที่เกี่ยวกับ วัสดุศาสตร์ การเดินเรือ การบิน การเกษตร การศึกษาประวัติศาสตร์ วิศวกร อุตสาหกรรมน้ำมัน เหมือง นักธรณีวิทยา นักอุตุนิยมวิทยา นักดาราศาสตร์ นักบินอวกาศ ดังนั้นพื้นฐานความรู้สาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ จะช่วยเปิดโอกาสทางด้านอาชีพที่หลากหลายให้กับผู้เรียน เพราะในอนาคตข้างหน้านอกจากมนุษย์จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่ตัวเองอาศัยอยู่แล้ว ยังต้องพัฒนาตนเอง

เพื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่นอกโลกเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

6. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

1. ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2. เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

3. ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรง และการเคลื่อนที่และพลังงาน

4. โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับโลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงาน ความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพและดาราศาสตร์กับมนุษย์

7. สาระเพิ่มเติม สาระเคมี

7.1 เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

7.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

7.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

สาระเพิ่มเติม : เคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

2. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป

3. อธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ

4. ระบุหมู่คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ

5. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุ เรพรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ

6. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชันและเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟ

7. อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทป กัมมันตรังสี

8. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

9. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส

10. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

11. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา การเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์

12. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก

13. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

14. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสามด้วยโครงสร้างลิวอิส

15. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

16. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ

17. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

18. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือดและการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์

19. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของ สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ

20. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ

21. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบ ไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะได้อย่างเหมาะสม

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์กฎของชาร์ล กฎของ เกย์-ลูสแซก

2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิ ของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส

3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิจำนวนโมล หรือมวลของแก๊สจากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ

4. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊ส ในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน

5. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊สโดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

6. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการ ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์หรือ แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบ อินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่หรือพันธะสามที่พบในชีวิตประจำวัน

2. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์

3. วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน

4. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบ อินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ตามระบบ IUPAC

5. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ

6. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน

7. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีนหรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

9. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม

11. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์

12. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

13. ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

14. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์

15. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์และแนวทางแก้ไข

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุและคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลและมวลสูตร

2. อธิบายและคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP

3. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่

4. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร

5. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

6. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด

7. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

8. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด

9. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร

10. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย

11. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส

12. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน

13. ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี

14. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา

2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนกราฟ การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา

3. เขียนแผนภาพ และอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว ของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการ เปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา

6. ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

7. ทดสอบ และอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล

8. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล

9. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา

10. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล

11. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน

12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวน โดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ

13. ยกตัวอย่างและอธิบายสมดุลเคมีของ กระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม

14. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส

15. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบส ของเบรินสเตด-ลาวรี

16. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถ ในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส

17. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียม ไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

18. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

19. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ

20. ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส

21. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต

22. อธิบายสมบัติองค์ประกอบและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

23. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

24. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

25. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้ง เขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

26. ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์

27. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา

28. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์

29. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

30. อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ

31. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าและอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแส ไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

32. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้า ทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมและเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

2. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการและวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

3. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง

4. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสารและเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

5. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุและคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลและมวลสูตร

6. อธิบายและคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่ง จากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP

7. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่

8. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร

9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย ต่าง ๆ

10. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตร สารละลายตามที่กำหนด

11. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

ผลการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. กำหนดปัญหาและนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพหรืออุตสาหกรรม

2. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมี ร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ

3. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหา ในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ

4. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้า ร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ

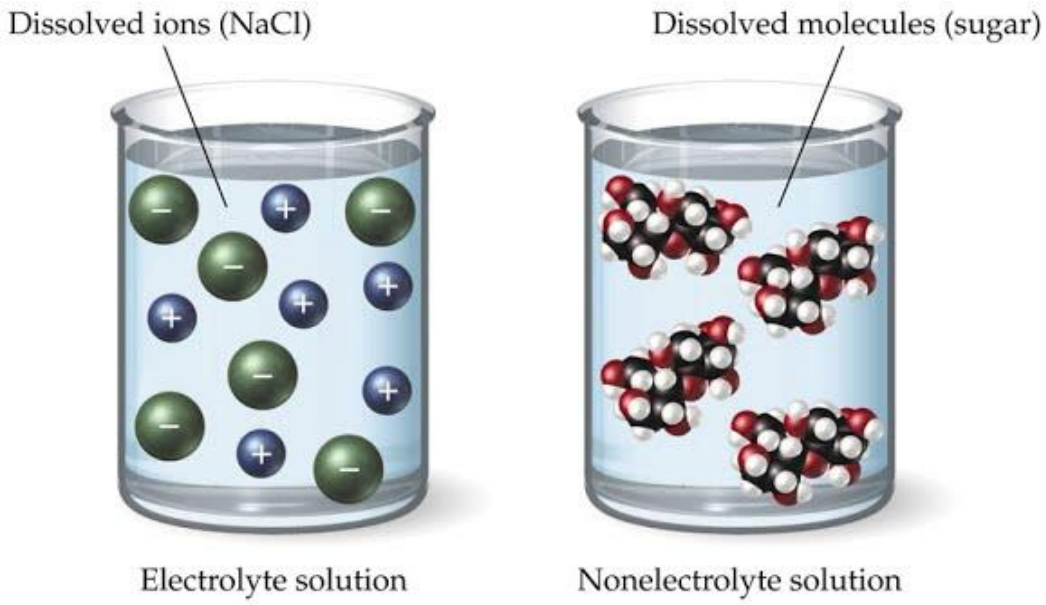
1. เนื้อหากรด–เบส

1.1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ สารละลายกรด–เบส

อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) หมายถึง สารที่เมื่อละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีไอออนซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวกหรือไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย สารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้อาจเป็นสารละลายกรด เบส หรือเกลือก็ได้ ตัวอย่างเช่น สารละลายกรดเกลือ (HCl) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และสารละลายของเกลือ KNO_3 เป็นต้น โดยในสารละลายดังกล่าวประกอบด้วยไอออน H^+, Cl^-,OH^-, K^+ และ NO_3^- ตามลำดับ

นอนอิเล็กโทรไลต์ (Non-electrolyte) หมายถึง สารที่ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อละลายน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากสารพวกนอนอิเล็กโทรไลต์จะไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ เช่น น้ำบริสุทธิ์ น้ำตาล แอลกอฮอล์ เป็นต้น

ความแตกต่างของสารอิเล็กโทรไลต์และนอน-อิเล็กโทรไลต์ พิจารณาจากสาร 2 ชนิดที่มีสูตร AB กับ CD เมื่อละลายน้ำจะรวมกันน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 1 แสดงการเป็นอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของสาร

จากภาพ AB เป็นสารนอนอิเล็กโทรไลต์ เพราะ AB ไม่ละลายน้ำและไม่แตกตัวเป็นไอออน CD เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ เพราะ CD จะแตกตัวได้ C^+ และ D^- ไอออนซึ่งถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำ

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่าง ๆ นำไฟฟ้าได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากการแตกตัวเป็นไอออนของอิเล็กโทรไลต์ไม่เท่ากัน อิเล็กโทรไลต์ที่แตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่าก็จะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าอิเล็กโทรไลต์ที่แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยกว่า อิเล็กโทรไลต์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

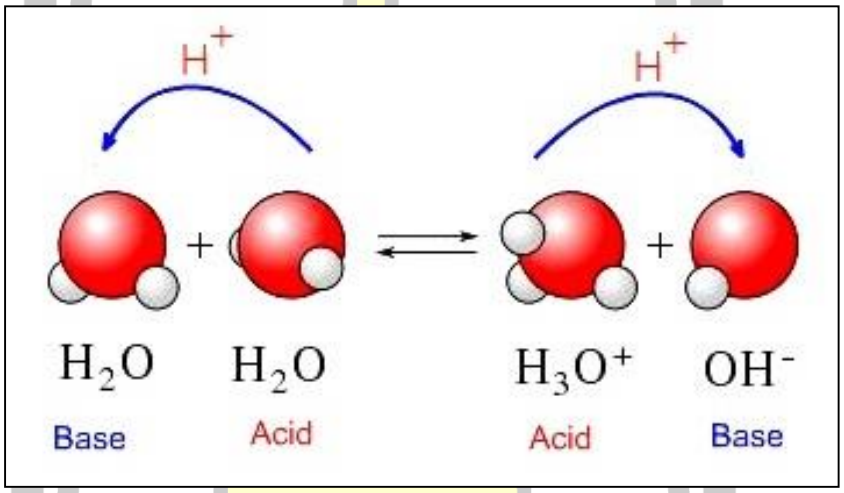
1. อิเล็กโทรไลต์แก่ (Strong electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนได้มาก อาจจะแตกตัวได้ 100% และนำไฟฟ้าได้ดีมาก เช่น กรดแก่ และเบสแก่ และเกลือส่วนใหญ่จะแตกตัวได้ 100% เป็นต้น

2. อิเล็กโทรไลต์อ่อน (Weak electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวได้บางส่วน นำไฟฟ้าได้น้อย

จากการศึกษาสมบัติของสารละลาย พบว่า สารละลายกรดและสารละลายเบสเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้ เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส ทำปฏิกิริยากับโลหะและเกลือ กรดและเบสสามารถแตกตัวเป็นไอออน เมื่อเป็นสารละลาย เราจะศึกษาต่อไปถึงไอออนในสารละลายกรดและเบส ซึ่งทำให้สารละลายแสดงสมบัติเฉพาะตัวดังกล่าว

1. ไอออนในสารละลายกรด

ในสารละลายกรดทุกชนิด จะมีไอออนที่เหมือนกันอยู่ส่วนหนึ่งคือ H^+ หรือเมื่อรวมกับน้ำได้เป็น H_3O^+ (ไฮโดรเนียมไอออน) ทำให้กรดมีสมบัติเหมือนกัน ตัวอย่างเช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งเกิดจากกรด HCl ละลายในน้ำ โมเลกุลของ HCl และน้ำต่างก็เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้ว ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างขั้วของ HCl และน้ำ โดยที่โปรตอน (H) ของ HCl ถูกดึงดูดโดยโมเลกุลของน้ำเกิดเป็นไฮโดรเนียมไอออน ($H^+ + H_2O \longrightarrow H_3O^+$) ในบางครั้งเขียนแทน H_3O^+ ด้วย H^+ โดยเป็นที่เข้าใจว่า H^+ นั้นจะอยู่รวมกับโมเลกุลของน้ำในรูป H_3O^+ เสมอ



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 2 แสดงไฮโดรเนียมไอออน

ไฮโดรเนียมไอออนในน้ำไม่ได้อยู่เป็นไอออนเดียว แต่จะมีน้ำหลายโมเลกุลมาล้อมรอบอยู่ด้วย เช่น อาจอยู่ในรูปของ $H_5O_2^+$, $H_7O_3^+$, $H_9O_4^+$ เป็นต้น

ตัวอย่าง สมการแสดงการแตกตัวเป็นไอออนของกรดในน้ำ

$$HNO_3\ (l) + H_2O\ (l) \longrightarrow H_3O^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$$

$$H_2SO_4\ (l) + H_2O\ (l) \longrightarrow H_3O^+\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$$

$$CH_3COOH\ (l) + H_2O\ (l) \longrightarrow H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$$

2. ไอออนในสารละลายเบส

ในสารละลายเบสทุกชนิดจะมีไอออนที่เหมือนกันอยู่คือ ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ซึ่งทำให้เบสมีสมบัติเหมือนกัน และมีสมบัติต่างไปจากกรด ตัวอย่างเช่น เมื่อ NaOH ละลายน้ำจะแตกตัวได้ OH^- ดังนี้

$$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

หรือตัวอย่างอื่นๆ ได้แก่

$$KOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

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

สรุปสมบัติทั่วๆ ไปของสารละลายกรด

1. มีรสเปรี้ยว
2. มีสมบัติในการกัดได้
3. เปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ เช่น กระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง
4. นำไฟฟ้าได้
5. ทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียม หรือโลหะบางชนิดได้ก๊าซ H_2

$$Mg\ (s) + HCl\ (aq) \longrightarrow MgCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

6. ทำปฏิกิริยากับเบส ได้เกลือกับน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาสะเทิน (Neutralization reaction) เช่น $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$
7. ทำปฏิกิริยากับเกลือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) หรือเกลือไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) จะได้ เกลือ + น้ำ + ก๊าซคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ เช่น

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

$$2NaHCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

8. ทำปฏิกิริยากับโลหะซัลไฟด์จะได้เกลือและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า)

เช่น $FeS + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2S$

$BaS + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4\ (s) \longrightarrow H_2S$

สรุปสมบัติทั่วๆ ไปของสารละลายเบส

1. มีรสฝาด
2. ถูกมือลื่นคล้ายสบู่
3. นำไฟฟ้าได้
4. ผสมกับไขมันได้สบู่
5. เปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์

ประโยชน์ของสารละลายกรดและเบสในชีวิตประจำวัน

สารละลายกรดและเบสมีบทบาทที่สำคัญในชีวิตประจำวัน ทั้งมีอยู่ในธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ในด้านอาหาร อุตสาหกรรม การแพทย์ ตัวอย่างเช่น

น้ำส้มสายชู น้ำส้ม น้ำมะนาว เหล่านี้ล้วนเป็นสารละลายกรด น้ำส้มสายชู ประกอบด้วยกรดแอซิติก น้ำส้มและน้ำมะนาวประกอบด้วยกรดซิตริก นอกจากนั้น ก็มีกรดคาร์บอนิกในน้ำโซดา กรดซัลฟิวริกในสารละลายที่อยู่ในแบตเตอรี่ สารละลายเบสที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวันได้แก่ โซดาทำขนม (Na_2CO_3) เมื่อละลายในน้ำจะเป็นเบสมิลด์ออฟแมกนีเซียมหรือ $Mg(OH)_2$ ใช้เป็นยารักษาโรคในกระเพาะอาหาร เป็นต้น

ตาราง 1 สรุปประโยชน์ของสารละลายกรดและเบสบางชนิด

กรดหรือเบส	ประโยชน์
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	1. ใช้ในอุตสาหกรรมเตรียมสารเคมีต่างๆ 2. ใช้ในการถลุงโลหะ 3. ใช้ในห้องปฏิบัติการและในทางการแพทย์ 4. ใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำยาล้างเครื่องสุขภัณฑ์ 5. มีในกระเพาะอาหารสำหรับใช้ในการย่อยโปรตีน
กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)	ใช้เป็นสารเริ่มต้นที่สำคัญอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมเคมี เช่น การผลิตปุ๋ย เส้นใยสังเคราะห์ ทำแบตเตอรี่
กรดไนตริก (HNO_3)	1. ใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมีและสารเคมี 2. ใช้ในการทดสอบอัลบูมินในปัสสาวะ (อัลบูมินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งกรดไนตริกจะทำให้โปรตีนแข็งตัวและตกตะกอนได้สารสีเหลือง)
กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)	เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของน้ำอัดลมที่เกิดจากการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำ
กรดไฮโปคลอรัส (HClO)	ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรคในห้องน้ำ
กรดโบริก (H_3BO_3)	ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรคและใช้เป็นน้ำยาล้างตา
กรดแอซีทิลซาลิซิลิก ($C_9H_8O_4$)	ใช้ทำยาแอสไพริน
กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี ($C_6H_8O_6$)	พบในผลไม้ประเภทส้ม ใช้รักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน
กรดออกซาลิก ($H_2C_2O_4$)	ใช้กำจัดรอยเปื้อนสนิม

ตาราง 1 (ต่อ)

กรดหรือเบส	ประโยชน์
แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)	1. ใช้แก้ดินเปรี้ยว 2. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ใช้ลดกรดในกระเพาะอาหาร
มิลค์ออฟแมกนีเซียม ($Mg(OH)_2$)	1. ใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะ 2. แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ผสมน้ำในลักษณะสารแขวนลอยใช้เป็นยาขับถ่าย
แอมโมเนีย (NH_3)	1. ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาล้างกระจกและในน้ำยาปรับผ้านุ่ม 2. สารละลายแอมโมเนีย-แอมโมเนียมคาร์บอเนต ใช้ดมแก้ลม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	1. ใช้ในการทำสบู่ 2. ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตผงชูรส 3. ใช้กำจัดไขมันหรือสารอินทรีย์ จึงนิยมใช้ล้างท่อระบายน้ำที่อุดตัน

ที่มา : วินัย วิทยาลัย (2541)

2. ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส

2.1 ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส

อาร์เรเนียส เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ได้ตั้งทฤษฎีกรด-เบส ในปี ค.ศ. 1887 (พ.ศ. 2430) อาร์เรเนียสศึกษาสารที่ละลายน้ำ (Aqueous solution) และการนำไฟฟ้าของสารละลายนั้น เขาพบว่าสารอิเล็กโทรไลต์จะแตกตัวเป็นไอออน เมื่อละลายอยู่ในน้ำ และให้นิยามกรดไว้ว่า

“กรด คือ สารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน” เช่น

$HCl\ (g) \xrightarrow{H_2O} H^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$HClO_4(l) \xrightarrow{H_2O} H^+\ (aq) + ClO_4^-\ (aq)$

$CH_3COOH\ (l) \xrightarrow{H_2O} H^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$H_2SO_4\ (l) \xrightarrow{H_2O} H^+\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$

“เบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน” เช่น

$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$Ca(OH)_2$ (s) $\xrightarrow{H_2O}$ Ca^{2+} (aq) + $2OH^-$ (aq)

KOH (s) $\xrightarrow{H_2O}$ K^+ (aq) + OH^- (aq)

ข้อจำกัดของทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส

1. ทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส จะเน้นเฉพาะการแตกตัวในน้ำ ให้เป็น H^+ และ OH^- ไม่รวมถึงตัวทำละลายอื่นๆ ทำให้อธิบายความเป็นกรด-เบสได้จำกัด

2. สารที่จะเป็นกรดได้ต้องมี H^+ อยู่ในโมเลกุล และสารที่จะเป็นเบสได้ก็ต้องมี OH^- อยู่ในโมเลกุล

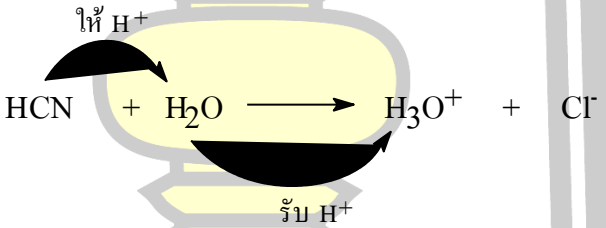
2.2 ทฤษฎีกรด-เบส ของเบรินสเตต-เลารี

โจฮันส์ นิโคลัส เบรินสเตต นักเคมีชาวเดนมาร์ก และโทมัส มาร์ติน ลาวรี นักเคมีชาวอังกฤษ ได้ศึกษาการให้และรับโปรตอนของสาร เพื่อใช้ในการอธิบายและจำแนกกรด-เบสได้กว้างขึ้น และได้ตั้งทฤษฎีกรด-เบสขึ้นในปี ค.ศ.1923 (พ.ศ.2466)

กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอนกับสารอื่น ๆ ได้ (Proton donor)

เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอนจากสารอื่นได้ (Proton acceptor)

พิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้



HCl เป็นสารที่ให้โปรตอน (H^+) ดังนั้น HCl จึงเป็นกรด

H_2O เป็นสารที่รับโปรตอน (H^+) ดังนั้น H_2O จึงเป็นเบส

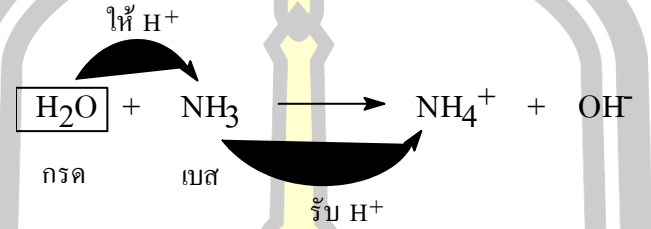
จากปฏิกิริยาจะมีสารที่ให้และรับโปรตอนในแต่ละปฏิกิริยา และมี H_3O^+ และ OH^- เกิดขึ้น แต่บางปฏิกิริยาอาจจะไม่มีสารทั้งสองชนิดนี้เลย ทฤษฎีนี้ก็ยังคงอธิบายได้ เช่น

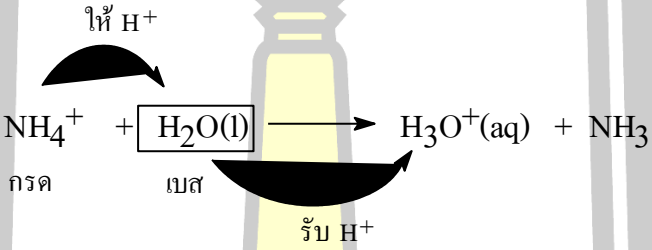
ข้อจำกัดของทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตต-ลาวรี

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตต-ลาวรี ใช้อธิบายสมบัติของกรด-เบสได้กว้างกว่าทฤษฎีของอาร์เรเนียส แต่ยังมีข้อจำกัดคือ สารที่จะทำหน้าที่เป็นกรดจะต้องมีโปรตอนอยู่ในสารนั้นสารที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส (Amphoteric)

สารบางตัวทำหน้าที่เป็นทั้งกรด เมื่อทำปฏิกิริยากับสารตัวหนึ่ง และทำหน้าที่เป็นเบส เมื่อทำปฏิกิริยากับอีกสารหนึ่ง นั่นคือเป็นได้ทั้งกรดและเบส สารที่มีลักษณะนี้เรียกว่า สารเอมโพเทอริก (Amphoteric) เช่น H_2O, HCO_3^- เป็นต้น

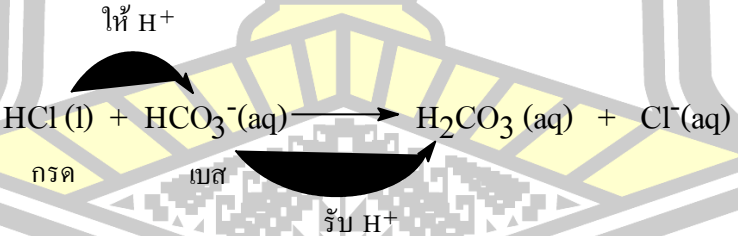
กรณีของ H_2O

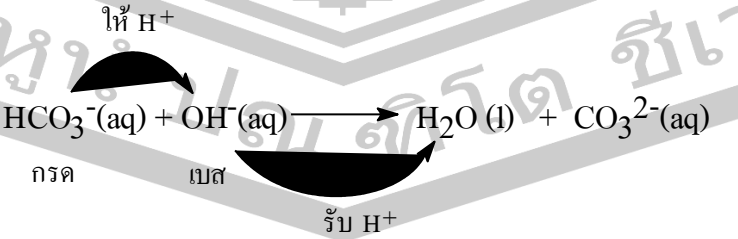




ในกรณีนี้ H_2O เป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ NH_3 และเป็นเบสเมื่อทำปฏิกิริยากับ NH_4^+

กรณีของ HCO_3^-





ในกรณีนี้ HCO_3^- เป็นเบสเมื่อทำปฏิกิริยากับ HCl และเป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ OH^-

ดังนั้น อาจจะสรุปได้ว่า สารที่เป็นเอมโฟเทอริก ถ้าทำปฏิกิริยากับสารที่ให้โปรตอนได้ดีกว่า ตัวมันเองจะรับโปรตอน (ทำหน้าที่เป็นเบส) แต่ถ้าไปทำปฏิกิริยากับสารที่ให้โปรตอนได้ไม่ดี ตัวมันเองจะเป็นตัวให้โปรตอนกับสารนั้น (ทำหน้าเป็นกรด)

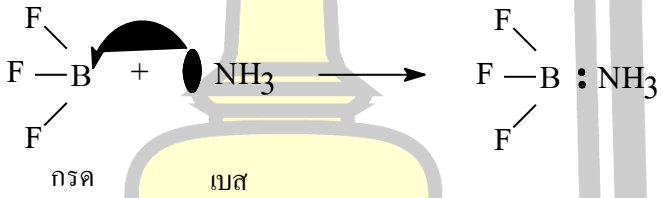
2.3 ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอีส

ในปี ค.ศ. 1923 (พ.ศ. 2466) ลิวอีสได้เสนอนิยามของกรดและเบส ดังนี้

กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่ จากเบส แล้วเกิดพันธะโคเวเลนต์

เบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์

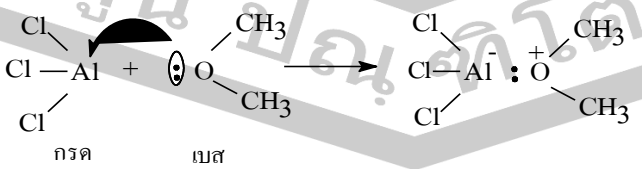
ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส ตามทฤษฎีนี้ อธิบายในเทอมที่มีการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมกัน กรดรับอิเล็กตรอนเรียกว่าเป็น Electrophile และเบสให้อิเล็กตรอนเรียกว่าเป็น Nucleophile และตามทฤษฎีนี้สารที่เป็นเบสต้องมีอิเล็กตรอนคู่อิสระ เช่น



ในกรณีนี้ NH_3 เป็นเบส มีอิเล็กตรอนคู่ 1 คู่ จะให้อิเล็กตรอนคู่กับกรดในการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และ BF_3 รับอิเล็กตรอนจาก NH_3 BF_3 จึงเป็นกรด

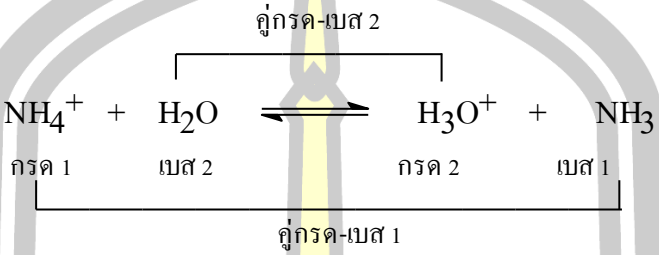
ทฤษฎีของลิวอิสนี้มีข้อดีคือ สามารถจำแนกกรด-เบส ที่ไม่มีทั้ง H หรือ OH^- ในสารนั้น และแม้ว่าสารนั้นไม่ได้อยู่ในรูปสารละลาย แต่อยู่ในสถานะก๊าซก็สามารถใช้ทฤษฎีลิวอิสอธิบายความเป็นกรดเบสได้

ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น



คู่กรด-เบส

จากปฏิกิริยาของกรดกับเบสที่กล่าวถึงแล้ว ตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี จะเห็นว่าในปฏิกิริยาหนึ่ง ๆ อาจจะจัดคู่กรด-เบสได้ 2 คู่ด้วยกัน ตัวอย่างเช่น



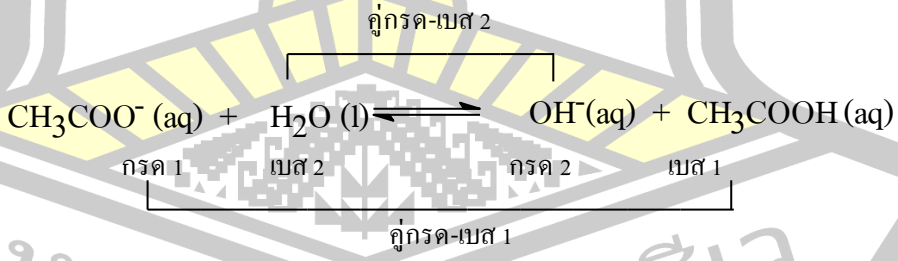
ปฏิกิริยาตัวอย่างนี้ ปฏิกิริยาไปข้างหน้า NH_4^+ ทำหน้าที่เป็นกรด เพราะให้ H^+ กับ H_2O แล้วได้เป็น NH_3 และ H_2O รับ H^+ ทำหน้าที่เป็นเบส ส่วนปฏิกิริยาย้อนกลับ H_3O^+ เป็นกรด เพราะให้ H^+ กับ NH_3 ซึ่งเป็นเบส แล้วได้ H_2O และ NH_4^+ ตามลำดับ

เรียก NH_4^+ ว่าคู่กรดของ NH_3 (เบส)

H_2O ว่าคู่เบสของ H_3O^+ (กรด)

NH_3 ว่าคู่เบสของ NH_4^+

จะเห็นได้ว่า คู่กรด-เบสนั้นจะมีจำนวนโปรตอน (H) ต่างกัน 1 ตัว หรืออาจกล่าวได้ว่า จำนวนโปรตอนของคู่กรด จะมากกว่าโปรตอนคู่เบสอยู่ 1 ตัวเสมอ ตัวอย่างอื่น ๆ ของปฏิกิริยาคู่กรด-เบส



ที่มา : วินัย วิทยาลัย (2541)

3. การแตกตัวของกรด–เบส

3.1 การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่

การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ จะแตกตัวได้หมด 100% หมายถึง การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ เป็นไอออนได้หมดในตัวทำละลายซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำ เช่น

การแตกตัวของกรด HCl จะได้ H^+ หรือ H_3O^+ และ Cl^- ไม่มี HCl เหลืออยู่ หรือการแตกตัวของเบส เช่น NaOH ได้ Na^+ และ OH^- ไม่มี NaOH เหลืออยู่

การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่นั้น เขียนแทนด้วยลูกศร $\rightarrow$ ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว เช่น

$$HCl\ (aq) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

1 โมล 1 โมล 1 โมล

$$[HCl] = [H^+] = [Cl^-] = 1 \text{ โมล/ลิตร}$$

$$HClO_4\ (aq) \rightarrow H^+\ (aq) + ClO_4^-\ (aq)$$

0.5 โมล 0.5 โมล 0.5 โมล

3.2 การแตกตัวของกรดอ่อน

สารละลายกรดอ่อน เช่น กรดแอซิติก (CH_3COOH) เมื่อละลายน้ำ จะนำไฟฟ้าได้ไม่ดี ทั้งนี้ เพราะกรดแอซิติกแตกตัวเป็นไอออนได้เพียงบางส่วน เขียนแทนโดยสมการจะใช้ลูกศร $\rightleftharpoons$ เพื่อชี้ว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ และอยู่ในภาวะสมดุลกัน เช่น

$$CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$$

ปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน นิยมบอกเป็นร้อยละ เช่น กรด HA แตกตัวได้ร้อยละ 10 ในน้ำ หมายความว่า กรด HA 1 โมล เมื่อละลายน้ำ จะแตกตัวให้ H^+ เพียง 0.10 โมล

$$\text{เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของกรดอ่อน} = \frac{\text{จำนวนโมลของกรดที่แตกตัว}}{\text{จำนวนโมลของกรดทั้งหมด}} \times 100$$

การแตกตัวของกรดของกรดอ่อนชนิดเดียวกัน จะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีความเจือจางมากขึ้น เช่น กรดแอซิติก CH_3COOH ความเข้มข้นต่างกันจะมีเปอร์เซ็นต์การแตกตัวต่างกัน ดังนี้

CH_3COOH 1.0 M แตกตัวได้ 0.42 %

CH_3COOH 0.10 M แตกตัวได้ 1.30 %

CH_3COOH 0.010 M แตกตัวได้ 4.20 %

การแตกตัวของกรดมอนอโปรติก (monoprotic acid dissociation)

กรดมอนอโปรติก คือ กรดที่แตกตัวให้ H^+ ได้เพียง 1 ตัว เช่น HCOOH และCH_3COOH

$$HCOOH\ (aq) \rightarrow H^+\ (aq) + HCOO^-\ (aq)$$

$$CH_3COOH\ (aq) \rightleftharpoons H^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$$

การแตกตัวของกรดพอลิโปรติก (polyprotic acid dissociation)

กรดพอลิโปรติก หมายถึง กรดที่มีโปรตอนมากกว่า 1 ตัว และสามารถแตกตัวให้ H^+ ได้มากกว่า 1 ตัว ถ้าแตกตัวได้ H^+ 2 ตัว เรียกว่า กรดไดโปรติก เช่น H_2CO_3, H_2S, $H_2C_2O_4$ เป็นต้น

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$$

$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

$$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$$

กรดที่แตกตัวให้ H^+ ได้ 3 ตัว เรียกว่า กรดไตรโปรติก เช่น H_3PO_4, H_3PO_3

$$H_3PO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$$

$$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$$

ค่าคงที่สมดุลของกรดอ่อน (K_a)

กรดอ่อนแตกตัวได้เพียงบางส่วน ปฏิกิริยาการแตกตัวไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดขึ้นได้พร้อมกัน และปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดอ่อนนี้จะอยู่ในภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุลนี้จะหาได้ดังนี้

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

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

K คือ ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา และถือว่า $[H_2O]$ มีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้ว่า

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

K_a คือ ค่าคงที่สมดุลของกรดอ่อน (HA)

ค่าคงที่สมดุลของกรดนี้ใช้เปรียบเทียบความแรงของกรดได้ ถ้าค่า K_a มีค่ามากแสดงว่ากรดมีความแรงมาก แตกตัวได้ดี ถ้าค่า K_a น้อยแสดงว่ากรดแตกตัวได้น้อย มีความแรงน้อย สำหรับกรดที่แตกตัวได้ 100% จะไม่มีค่า K_a

ตัวอย่างค่า K_a

$$HF\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + F^-\ (aq)$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]} = 6.7 \times 10^{-4}$$

3.3 การแตกตัวของเบสอ่อน

เบสอ่อนเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนเพียงบางส่วน และปฏิกิริยาการแตกตัวของเบสอ่อน เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เช่น แอมโมเนีย เมื่อละลายน้ำจะมีภาวะสมดุลเกิดขึ้น ดังสมการ

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

$$K = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

$$K_b = K[H_2O] = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

K_b คือ ค่าคงที่สมดุลของเบส ค่า K_b นี้เป็นค่าคงที่และใช้เปรียบเทียบความแรงของเบสได้ เช่นเดียวกับค่า K_a

โมโนโปรติกเบส (monoprotic base) จะรับ H^+ ได้ 1 ตัว และมีค่า K_b เพียงค่าเดียว เช่น NH_3

โพลิโปรติกเบส (polyprotic base) จะรับ H^+ ได้มากกว่า 1 ตัว และมีค่า K_b ได้หลายค่า เช่น ไฮดราซีน H_2NNH_2

$$H_2NNH_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2NNH_3^+ + OH^- \quad ; \quad K_{b1} = 9.1 \times 10^{-7}$$

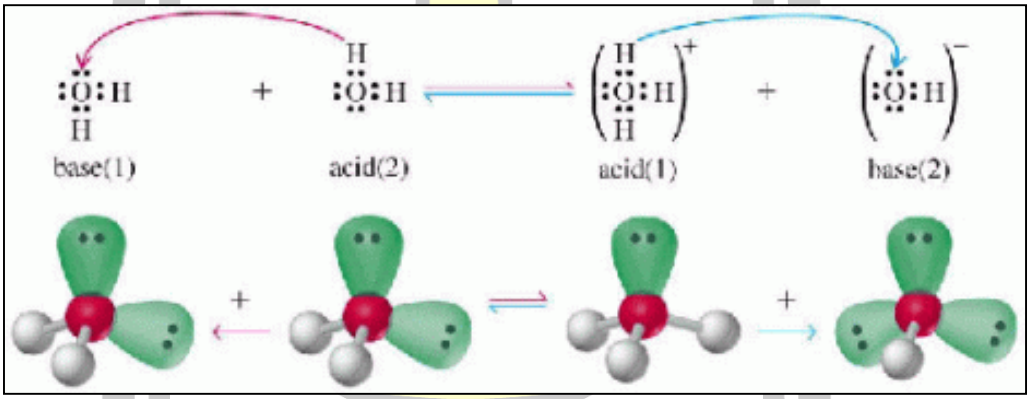
$$H_2NNH_3^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3NNH_3^+ + OH^- \quad ; \quad K_{b2} = 1.0 \times 10^{-15}$$

ที่มา : วินัย วิทยาลัย (2541)

4. การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ

น้ำเป็นอิเล็กโทรไลต์ที่อ่อนมาก แตกตัวได้น้อยมาก ดังนั้น การนำไฟฟ้าของน้ำจะน้อย จนไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการนำไฟฟ้าผ่านหลอดไฟ แต่ตรวจได้ด้วยเครื่องวัดกระแส (เป็นแอมมิเตอร์)

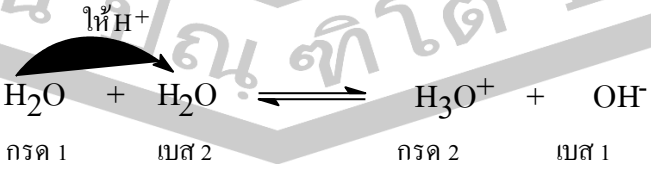
ตัวอย่างการวัดการนำไฟฟ้าของน้ำชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส น้ำคลอง น้ำประปา และน้ำฝน



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 3 แสดงการแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ

ตามทฤษฎีของเบรินสเตดและลาวรี น้ำทำหน้าที่เป็นทั้งกรดและเบส ไอออนที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของน้ำ และมีการถ่ายเทโปรตอนกันเองได้ (ออโตไอออนไนเซชัน)



โมเลกุลของน้ำที่เสีย H^+ จะเปลี่ยนเป็น OH^- ซึ่งมีประจุลบและโมเลกุลของน้ำที่ได้รับ H^+ จะเปลี่ยนเป็น H_3O^+ ซึ่งมีประจุบวก เราอาจเขียนสมการกรด-เบส ได้ง่ายๆ ดังนี้

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

เนื่องจากระบบนี้อยู่ในภาวะสมดุล สามารถเขียนสมการค่าคงที่สมดุลของ H_2O ได้ดังนี้

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

$$K_w = K[H_2O]^2 = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

K_w คือค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ มีค่าเท่ากับ 1×10^{-14} ที่ 25 ^{0}C เนื่องจากน้ำบริสุทธิ์แตกตัวเป็นไอออนจะให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- เท่ากัน

$$[H_3O^+] = [OH^-] = \sqrt{K_w}$$

$$= \sqrt{1.0 \times 10^{-14}} = 1 \times 10^{-7} \text{ โมล/ลิตร}$$

ดังนั้น น้ำบริสุทธิ์จึงมีสภาพเป็นกลาง เนื่องจากปริมาณ H_3O^+ เท่ากับ OH^- ค่าคงที่ที่สมดุลของน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและ ไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำ

จากที่กล่าวมาแล้ว น้ำแตกตัวให้ H_3O^+ และ OH^- ได้เท่า ๆ กัน ทำให้สภาพความเป็นกรด และสภาพความเป็นเบสเท่ากันตลอด หรือเรียกว่าเป็นกลาง โดยที่ $K_w = 1 \times 10^{-14}$ และ $[H_3O^+]$ เท่ากับ $[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ แต่ความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- นี้จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติม H_3O^+ หรือ OH^- ลงไปในน้ำ

ถ้าเติม HCl ซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ลงไปในน้ำ HCl จะแตกตัวให้ H_3O^+ และ Cl^- ปริมาณ H_3O^+ ในน้ำจึงเพิ่มขึ้น

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

$$HCl\ (l) + H_2O\ (l) \rightarrow H_3O^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$$

ตามหลักของเลอชาเตอริเอ เมื่อ H_3O^+ มากขึ้น น้ำพยายามรักษาสมดุล โดยที่ H_3O^+ จะรวมกับ OH^- เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ คือได้ H_2O มากขึ้น และ $[OH^-]$ จะลดลงปฏิกิริยาก็จะเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

จะเห็นได้ว่าจากสมการถ้า $[H_3O^+]$ มากขึ้น $[OH^-]$ ก็น้อยลง ในทำนองเดียวกันถ้าเติม OH^- ลงไปในน้ำจะทำให้ $[OH^-]$ มากขึ้น $[H_3O^+]$ ก็น้อยลง

จากสมการ $K_w = [H_3O^+][OH^-]$ ถ้าทราบ $[H_3O^+]$ ก็คำนวณหา $[OH^-]$ ได้ หรือถ้าทราบ $[OH^-]$ ก็คำนวณหา $[H_3O^+]$ ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การพิจารณาว่าสารละลายเป็นกรดหรือเบส

ถ้า $[H_3O^+] = [OH^-]$ สารละลายเป็นกลาง

ถ้า $[H_3O^+] > [OH^-]$ สารละลายเป็นกรด

ถ้า $[H_3O^+] < [OH^-]$ สารละลายเป็นเบส

ตัวอย่างที่ 1 สารละลายชนิดหนึ่งมี $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ โมล/ลิตร $[OH^-]$ จะมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

$$1 \times 10^{-14} = (1 \times 10^{-2})\,[OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12} \text{ โมล/ลิตร}$$

ที่มา : วินัย วิทยาลัย (2541)

5. ปฏิกิริยาของกรดและเบส : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

5.1 ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส

จากทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตดและลาวรี กรดคือสารที่ให้โปรตอน และเบส คือ สารที่รับโปรตอน เมื่อกรดทำปฏิกิริยากับเบส จึงมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างกรดและเบส

นั่นเอง ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาระหว่าง HCl และ NaOH สามารถเขียนปฏิกิริยาได้ดังนี้ (วินัย วิทยาลัย, 2541)

$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow NaCl\ (aq) + H_2O$$

HCl เป็นกรดจะให้โปรตอน (H^+) กับเบส NaOH ได้เกลือ NaCl กับน้ำโปรตอนถ่ายโอนจากกรด HCl ไปให้กับเบส NaOH เมื่อเขียนสมการไอออนิกสุทธิระหว่างกรดและเบสจะได้ดังนี้

$$H^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \rightarrow H_2O\ (l)$$

ปฏิกิริยาระหว่าง H^+ จากสารละลายกรดกับ OH^- จากสารละลายเบสได้ H_2O เรียกว่า ปฏิกิริยาสะเทิน (Neutralization reaction)

ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส จะได้เกลือกับน้ำเป็นส่วนใหญ่ แต่จะมีบางปฏิกิริยาที่ได้เกลือเพียงอย่างเดียว เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ NH_3 ได้เกลือ NH_4Cl ซึ่งเกลือ NH_4Cl จะแตกตัวให้ NH_4^+ และ Cl^- ทำให้สารละลายนำไฟฟ้าได้

$$HCl\ (aq) + NH_3 \rightarrow NH_4Cl\ (aq) \rightarrow NH_4^+\ (aq) + Cl^-(aq)$$

ตัวอย่างปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกกับแบเรียมไฮดรอกไซด์จะได้ตะกอน $BaSO_4$ กับน้ำ

$$H_2SO_4\ (aq) + Ba(OH)_2\ (aq) \rightarrow BaSO_4\ (s) + 2H_2O\ (l)$$

สารละลาย H_2SO_4 และสารละลาย $BaSO_4$ นำไฟฟ้าได้ แต่เมื่อนำมาผสมเข้าด้วยกันแล้วสารละลายที่ได้ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เพราะ $BaSO_4$ เป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยมาก จึงไม่มีไอออนที่จะนำไฟฟ้าได้

ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส แบ่งออกได้ตามชนิดของปฏิกิริยาดังนี้

1. ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่ HCl กับเบสแก่ KOH ได้เกลือ KCl และน้ำ ดังนี้

$$HCl\ (aq) + KOH\ (aq) \rightarrow KCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

2. ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่ HCl กับเบสอ่อน NH_4OH ได้เกลือ NH_4Cl และน้ำ

$$HCl\ (aq) + NH_4OH\ (aq) \rightarrow NH_4Cl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

3. ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรด CH_3COOH และเบส NaOH ได้เกลือโซเดียมแอซิเตต (CH_3COONa) และน้ำ

$$CH_3COOH\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow CH_3COONa\ (aq) + H_2O\ (l)$$

4. ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสอ่อน เช่น ปฏิกิริยาระหว่างกรด HCN กับเบส NH_4OH ได้เกลือ NH_4CN และน้ำ $HCN\ (aq) + NH_4OH\ (aq) \rightarrow NH_4CN\ (aq) + H_2O\ (l)$

ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสในน้ำนี้จะทำให้สารละลายที่ได้แสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลางได้ ซึ่งพิจารณาได้เป็น 2 กรณี

1. ในกรณีกรดและเบสทำปฏิกิริยากันแล้วมีกรดหรือเบสเหลืออยู่ ถ้ามีกรดเหลืออยู่สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรด ถ้ามีเบสเหลืออยู่สารละลายก็จะแสดงสมบัติเป็นเบส

2. ถ้ากรดกับเบสทำปฏิกิริยากันหมดพอดี ได้เกลือกับน้ำ สารละลายของเกลือที่ได้จากปฏิกิริยา จะแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง ขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือนั้นว่ามาจากกรดและเบสประเภทใด ทั้งนี้เพราะเกลือแต่ละชนิดจะเกิดการแตกตัวและทำปฏิกิริยากับน้ำ เรียกว่าไฮโดรไลซีส ซึ่งจะทำให้สารละลายแสดงสมบัติกรด-เบสต่างกัน รายละเอียดอยู่ในหัวข้อต่อไป

5.2 ปฏิกิริยาของกรดหรือเบสกับสารบางชนิด

กรดนอกจากจะสามารถทำปฏิกิริยาสะเทินกับเบสได้เกลือกับน้ำ แล้วยังสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิด เช่น Zn, Fe, ได้ก๊าซ H_2 และเกลือของโลหะนั้น หรือทำปฏิกิริยากับเกลือคาร์บอนเนต เช่น $CaCO_3$, Na_2CO_3 หรือเกลือ $NaHCO_3$ ได้ก๊าซ CO_2

ตัวอย่างปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ $CaCO_3$ จะได้เกลือและก๊าซ CO_2

$$HCl(aq) + CaCO_3\ (s) \rightarrow CaCl_2\ (aq) + CO_2\ (g)$$

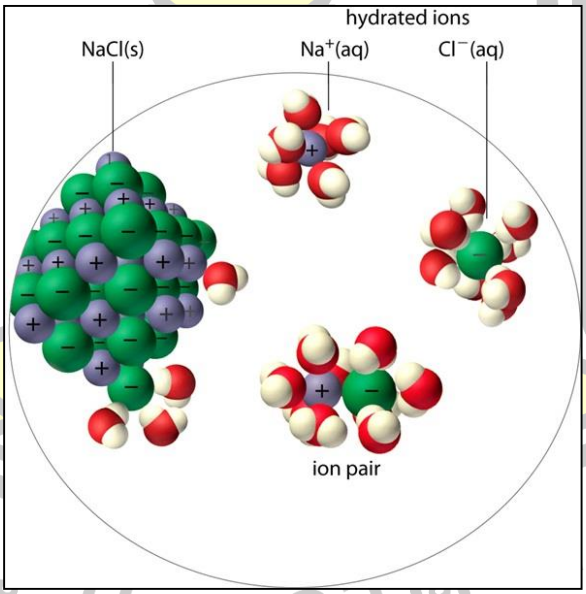
เบสก็เช่นเดียวกันนอกจากจะทำปฏิกิริยาสะเทินกับกรดได้เกลือกับน้ำแล้ว ยังสามารถทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมเช่น NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$, จะได้ก๊าซ NH_3 หรือทำปฏิกิริยากับเกลือ เช่นปฏิกิริยาระหว่าง NaOH กับ $FeCl_3$ ได้สารผลิตภัณฑ์ดังนี้

$$3NaOH\ (aq) + FeCl_3\ (aq) \longrightarrow Fe(OH)_2\ (s) + 3NaCl\ (aq)$$

ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากรดและเบสทำปฏิกิริยากันเองได้ และทั้งกรดและเบสก็สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ด้วย

เกลือ (Salt)

เกลือเป็นสารประกอบไอออนิก ประกอบด้วยไอออนบวก (แคตไอออน) และไอออนลบ (แอนไอออน) ยกเว้น OH^- ตัวอย่างเช่น NaCl ประกอบด้วยโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) แบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ประกอบด้วยแบเรียมไอออน (Ba^{2+}) และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) เกลือ NaCl ละลายในน้ำได้ดีและให้ Na^+ และ Cl^- แต่เกลือ $BaSO_4$ เป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้สารละลายของเกลือ NaCl นำไฟฟ้าได้ดี แต่สารละลายของเกลือ $BaSO_4$ ไม่นำไฟฟ้า



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 4 แสดงสารประกอบไอออนิก (เกลือ)

เราอาจจำแนกเกลือออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1. เกลือปกติ (Normal salt) เกลือปกติเป็นเกลือที่ไม่มีไฮโดรเจนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนที่อาจถูกแทนที่ ดังนั้น จึงประกอบด้วยไอออนบวกคือโลหะ หรือกลุ่มธาตุที่เทียบเท่าโลหะ เช่น NH_4^+ (แอมโมเนียมไอออน) กับไอออนลบซึ่งเป็นอนุมูลกรด (Acid radical) ตัวอย่างของเกลือปกติ เช่น NaCl K_2SO_4, $Ca_3(PO_4)_2$, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $ZnSO_4$ เป็นต้น

2. เกลือกรด (Acid salt) เกลือประเภทนี้มี H อะตอมอยู่ในโมเลกุลของเกลือ ซึ่งสามารถไอออไนซ์ได้ (แตกตัวเป็นไอออนได้) เช่น $NaHSO_4$, $NaHCO_3$, Na_2HPO_4, NaH_2PO_4 เป็นต้น

3. เกลือเบสิก (Base salt) เกลือประเภทนี้มีไอออนลบ OH^- และไอออนบวก เช่น Pb(OH)Cl, $Bi(OH)_2Cl$ เป็นต้น

4. เกลือสองเชิง (Double salt) เกิดจากเกลือปกติสองชนิดรวมกันเป็นโมเลกุลใหญ่ เช่น K_2SO_4, $Al(SO_4)_3.24H_2O$ เป็นต้น

5. เกลือเชิงซ้อน (Complex salt) ประกอบด้วยไอออนลบที่ไอออนเชิงซ้อน เช่น $K_3Fe(CN)_6$ เป็นต้น

ไฮโดรไลซีส หมายถึง ปฏิกิริยาระหว่างสาร (เกลือ) กับน้ำ

ไฮโดรไลซีสของเกลือ หมายถึง ปฏิกิริยาระหว่างเกลือกับน้ำ เกลือเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ เมื่อเกลือละลายในน้ำ เกลือจะแตกตัวออกเป็นไอออนบวกและไอออนลบทั้งหมด ดังนั้น สมบัติของสารละลายของเกลือ จึงขึ้นอยู่กับไอออนบวกและไอออนลบในสารละลายนั้น ไอออนบางตัวสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและให้ H^+ หรือ OH^- ได้ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส เช่น

ไอออนลบ เช่น X^- เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ จะเขียนสมการได้ดังนี้

$$X^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HX(aq) + OH^-(aq)$$

จะเห็นว่าจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไอออนลบ X^- ที่เกิดขึ้น $X^-(aq)$ จะรับ H^+ จากน้ำแล้วได้ $OH^-(aq)$ ดังนั้นสารละลายที่ได้จึงมีสมบัติเป็นเบส

สำหรับไอออนบวก เช่น $NH_4^+(aq)$ เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ จะเขียนสมการได้ดังนี้

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_3O^+(aq)$$

จะเห็นว่าจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไอออนบวก $NH_4^+(aq)$ ที่เกิดขึ้น NH_4^+ จะให้โปรตอนกับ H_2O (l) แล้วได้ H_3O^+ (aq) ดังนั้นสารละลายที่ได้จึงมีสมบัติเป็นกรด

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า “ถ้าไอออนลบของเกลือเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสจะทำให้สารละลายแสดงสมบัติความเป็นเบส และถ้าไอออนบวกของเกลือเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส จะทำให้สารละลายแสดงสมบัติความเป็นกรด”

การพิจารณาว่าไอออนลบใดจะเกิดไฮโดรไลซีสหรือไม่นั้นมีหลักพิจารณาดังนี้

1. ถ้าเป็นไอออนลบของกรดแก่ เช่น Cl^-, Br^-, I^-, NO_3^-, และ ClO_4^- จะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ดังนั้น จะไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลาย

2. ไอออนลบของกรดอ่อน เช่น CH_3COO^-, ClO^-, CN^- และ CO_3^{2-} สามารถรับโปรตอนจากน้ำเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสได้สารละลายที่เป็นเบส เช่น ปฏิกิริยาของ CH_3COO^- กับน้ำ

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$

*การพิจารณาว่าไอออนบวกใดจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสหรือไม่มีหลักพิจารณาดังนี้

1. ไอออนบวกของโลหะหมู่ IA หรือ IIA (ยกเว้น Be) ได้แก่ Li^+, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} และ Ba^{2+} จะไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส รวมทั้งไอออนบวกของเบสแก่ทั้งหมด

2. แอมโมเนียมไอออนของเกลือแอมโมเนียมจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสและทำให้สารละลายเป็นกรด

1. การไฮโดรไลซีสของเกลือที่เกิดจากกรดแก่และเบสแก่

เกลือประเภทนี้เมื่อละลายในน้ำจะไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำ ทั้งนี้เพราะทั้งไอออนบวกที่มาจากเบสแก่ และไอออนลบที่มจากกรดแก่ ต่างก็ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ เช่น NaCl เมื่อละลายน้ำได้ Na^+ และ Cl^- ทั้ง Na^+ ซึ่งมาจากเบสแก่ และ Cl^- ซึ่งมาจากกรดแก่ HCl จะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำไม่มีผลต่อค่า pH ของสารละลาย สารละลายจึงเป็นกลาง คือมี $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ ที่แตกตัวจากน้ำมีปริมาณเท่ากัน pH ของสารละลายเท่ากับ 7

2. การไฮโดรไลซีสของเกลือที่เกิดจากกรดอ่อนกับเบสแก่

เกลือประเภทนี้เมื่อละลายน้ำจะได้ไอออนลบที่มาจากกรดอ่อนที่มีสมบัติเป็นคู่เบสที่แรงพอสมควร ไอออนลบที่เกิดขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำได้ OH^- ไอออนทำให้สารละลายแสดงสมบัติความเป็นเบส

ตัวอย่างเช่น NaClO เมื่อละลายน้ำจะให้ Na^+ และ ClO^- ดังนี้

$$NaClO\ (s) \rightarrow Na^{+}\ (aq) + ClO^{-}\ (aq)$$

ClO^{-} จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส โดยรับโปรตอนจากน้ำได้เป็น HClO และ OH^{-} ตามสมการ

$$ClO^{-}\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons HClO\ (aq) + OH^{-}\ (aq)$$

สำหรับ Na^{+} (aq) ไอออน ซึ่งมาจากเบสแก่ NaOH ไม่เกิดการไฮโดรไลซีส ดังนั้นสารละลายที่เกิดจากการละลายของเกลือ NaClO ในน้ำแล้วเกิดการไฮโดรไลซีสของ ClO^{-} (aq) จะได้ OH^{-} ไอออน จึงแสดงสมบัติเป็นเบส pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า 7

3. การไฮโดรไลซีสของเกลือที่เกิดจากกรดแก่กับเบสอ่อน

เกลือประเภทนี้เมื่อละลายน้ำจะให้ไอออนบวกที่มาจากเบสที่เป็นคู่กรด ที่มีความแรงพอสมควร ไอออนบวกนี้จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำให้ H_3O^{+} ทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรด

ส่วนไอออนลบซึ่งมาจากกรดแก่ ไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ตัวอย่างเช่น

NH_4Cl ซึ่งเกิดจากกรดแก่ HCl กับเบสอ่อน NH_3

NH_4Cl แตกตัวในน้ำได้ NH_4^{+} และ Cl^{-} ทั้งหมด

$$NH_4Cl\ (aq) \rightarrow NH_4^{+}\ (aq) + Cl^{-}\ (aq)$$

Cl^{-} ไม่เกิดการไฮโดรไลซีส แต่ NH_4^{+} เกิดไฮโดรไลซีส โดย NH_4^{+} จะให้โปรตอนกับ H_2O ได้เป็น NH_3 (aq) และ H_3O (aq) ดังสมการ

$$NH_4^{+}\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons NH_3\ (aq) + H_3O^{+}\ (aq)$$

จะเห็นได้ว่าผลจากการไฮโดรไลซีสของ NH_4Cl จะได้ H_3O^{+} ดังนั้นสารละลายของเกลือ NH_4Cl จึงแสดงสมบัติเป็นกรด pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า 7

4. การไฮโดรไลซีสของเกลือที่เกิดจากกรดอ่อนและเบสอ่อน

เกลือประเภทนี้เมื่อละลายน้ำได้ไอออนบวกและไอออนลบ ซึ่งไอออนทั้งสองนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสได้ทั้งคู่ ไอออนบวกของเกลือจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสได้ H_3O^+ ส่วนไอออนลบได้ OH^- ดังนั้นความเป็นกรด-เบสของสารละลายจึงขึ้นอยู่กับว่าไอออนบวกหรือไอออนลบเกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีสได้ดีกว่ากัน โดยพิจารณาจากค่าคงที่ของการแตกตัวของคู่เบส (K_b) (ไอออนลบ) หรือค่าคงที่การแตกตัวของคู่กรด K_a (ไอออนบวก)

ตัวอย่างเช่น เกลือ NH_4CN ที่เกิดจากกรดอ่อน HCN และเบสอ่อน NH_4OH

NH_4OH แตกตัวในน้ำให้ NH_4^+ และ CN^- ดังสมการ

$$NH_4CN\ (aq) \rightleftharpoons NH_4^+\ (aq) + CN^-\ (aq)$$

NH_4^+ และ CN^- เกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีสดังนี้

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)\ ;\ K_a = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$CN^-(aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons HCN\ (aq) + OH^-\ (aq)\ ;\ K_b = 5.6 \times 10^{-5}$$

เนื่องจาก ค่า $K_b > K_a$ ดังนั้นแสดงว่า CN^- เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสให้ OH^- ได้ดีกว่า NH_4^+ ดังนั้น $[OH^-] > [H_3O^+]$ สารละลายของเกลือ NH_4CN จึงแสดงสมบัติเป็นเบส pH มีค่ามากกว่า 7

5. การไฮโดรไลซีสของไอออนลบของเกลือที่เกิดจากกรดพอลิโปรติก

ไอออนลบของเกลือที่เกิดจากกรดพอลิโปรติก เช่น CO_3^{2-}, PO_4^{3-} สามารถเกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีสได้หลายขั้น เนื่องจากสามารถรับ H^+ จาก H_2O ได้มากกว่า 1 โปรตอน เช่น

ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีสของเกลือ $Na_2CO_3\ (s)$

เมื่อ เกลือ $Na_2CO_3\ (s)$ ละลายน้ำ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้หมด คือ

$$Na_2CO_3\ (s) \rightarrow Na^+\ (aq) + CO_3^{2-}\ (aq)$$

Na^+ ไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส เนื่องจากมาจาก เบสแก่ NaOH

$CO_3^{2-}\ (aq)$ เกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีสได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

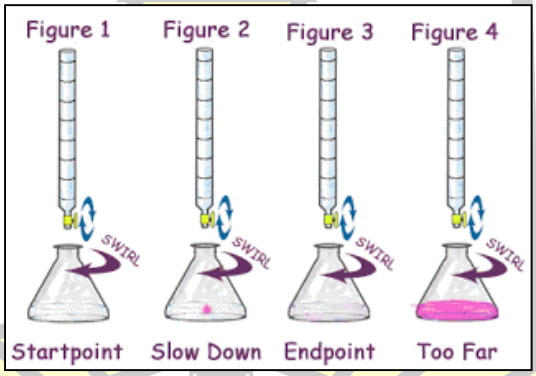
$$CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)$$

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

6. การไทเทรตกรด-เบส

การไทเทรตกรด - เบส หมายถึง กระบวนการหาปริมาณสาร โดยวิธีใช้สารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน ให้ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากันพอดี ทำให้คำนวณหาความเข้มข้นหรือปริมาณของสารตัวอย่างดังกล่าวได้

วิธีการไทเทรตกรด-เบส คือ นำสารละลายกรดหรือเบสตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ มาทำการไทเทรตกับสารละลายเบสหรือกรดมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน กล่าวคือ ถ้าสารละลายตัวอย่างเป็นสารละลายกรด ก็ต้องใช้สารละลายมาตรฐานเป็นเบสนำมาทำการไทเทรต แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกัน จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณของสารตัวอย่างต่อไป หรือทางตรงกันข้าม ถ้าใช้สารละลายตัวอย่างเป็นเบส ก็ต้องใช้สารละลายมาตรฐานเป็นกรด



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการไทเทรตกรด-เบสและปฏิกิริยาการไทเทรตถึงจุดสมมูล

ตัวอย่างเช่น การหาค่าสารละลายกรด HCl ว่ามีความเข้มข้นเท่าใดเราอาจใช้สารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.100 โมล/ลิตร มาทำการไทเทรตกับสารละลาย HCl ตัวอย่างจำนวนหนึ่ง (อาจจะเป็น 50 cm^3) เมื่อทราบปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl จำนวน 50 cm^3 นี้โดยอินดิเคเตอร์เป็นตัวบอกจุดยุติ แล้วเราก็สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของกรด HCl ได้

ปฏิกิริยาในการไทเทรตกรด-เบส

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการไทเทรตกรด-เบสต่าง ๆ ได้แก่

1. ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
2. ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน
3. ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่

สำหรับปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสอ่อนไม่นิยมนำมาใช้ในการไทเทรตกรด-เบส เพราะที่จุดสมมูล หรือจุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ไม่ชัดเจน

ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส เขียนแทนด้วยสมการ

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

จุดสมมูล (Equivalence point)

ในการไทเทรตกรด-เบส จุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี หรือจุดที่ H_3O^+ ไอออนหรือ H^+ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ OH^- ไอออน ด้วยจำนวนโมลที่เท่ากัน เรียกว่า จุดสมมูล

ถ้าใช้พีเอชมิเตอร์ วัดหาค่า pH ณ จุดสมมูลจะพบว่า จุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส แต่ละปฏิกิริยาหรือแต่ละคู่จะมี pH ที่จุดสมมูลแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากัน แต่สามารถระบุอย่างคร่าวๆ ได้ ดังนี้

1. ถ้าเป็นการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูลประมาณ 7
2. ถ้าเป็นการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูลจะมากกว่า 7
3. ถ้าเป็นการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูลจะน้อยกว่า 7

จุดยุติ (End point)

การที่จะทราบว่า ปฏิกิริยาการไทเทรตถึงจุดสมมูลหรือยังนั้น จะต้องมีวิธีการที่จะหาจุดสมมูล วิธีการหนึ่งคือ การใช้อินดิเคเตอร์ โดยอินดิเคเตอร์จะต้องเปลี่ยนสีที่จุดที่พอดีหรือใกล้เคียงกับจุดสมมูล นั่นคือ จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี จะเรียกว่า จุดยุติ ดังนั้น จึงต้องเลือกอินดิเคเตอร์ให้เหมาะสมที่จะให้เห็นการเปลี่ยนสีที่จุดสมมูลพอดี ถ้าเลือกใช้อินดิเคเตอร์ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิด ความคลาดเคลื่อนของการไทเทรต (titration error) ซึ่งเกิดจากการที่มีความแตกต่างระหว่างจุดสมมูลและจุดยุติของการไทเทรต กล่าวคือ จุดสมมูลและจุดยุติ ไม่ได้อยู่ในช่วง pH เดียวกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ก่อนหรือหลังจุดสมมูล

pH คือ ค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ใช้บอกความเป็นกรดหรือเบสของสารละลาย โดยค่า pH ของสารละลายเป็นค่าลอการิทึมของไฮโดรเจนไอออน (หรือไฮโดรเนียมไอออน) ที่เป็นลบ

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

หรือ $[H_3O]^+ = 10^{-pH}$

โดยที่ $[H_3O^+]$ คือ ความเข้มข้นของ H_3O^+ หรือ H^+ เป็นโมล/ลิตร

น้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 25 ^{0}C จะมี $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ โมล/ลิตร

ดังนั้น $pH = -\log [H_3O^+] = -\log [1 \times 10^{-7}] = 7$

นั่นคือ pH ของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 25 ^{0}C เท่ากับ 7 ถือว่ามีสภาพเป็นกลาง คือไม่มีความเป็นกรดหรือเบส

ถ้า $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$; $pH = -\log [H_3O^+] = -\log [1 \times 10^{-5}] = 5$ (เป็นกรด)

ถ้า $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9}$; $pH = -\log [H_3O^+] = -\log [1 \times 10^{-9}] = 9$ (เป็นเบส)

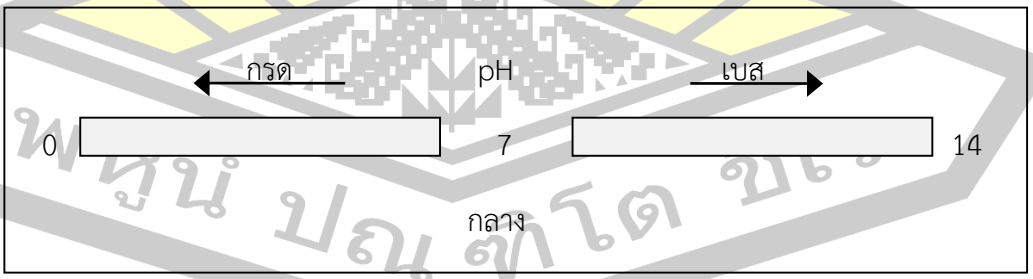
ดังนั้นสรุปว่า

*pH < 7 สารละลายเป็นกรด

*pH = 7 สารละลายเป็นกลาง

*pH > 7 สารละลายเป็นเบส

หรืออาจจะเขียนเป็นสเกลได้ดังนี้



นอกจากจะบอกความเป็นกรดเป็นเบสของสารละลายด้วยค่า pH แล้วยังสามารถบอกค่าความเป็นกรด-เบส ได้โดยใช้ค่า pOH

pOH ของสารละลาย คือ ค่าที่บอกความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายมีค่าเท่ากับ $-\log[OH^-]$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

โดย $pH + pOH = 14$ (วินัย วิทยาลัย, 2541)

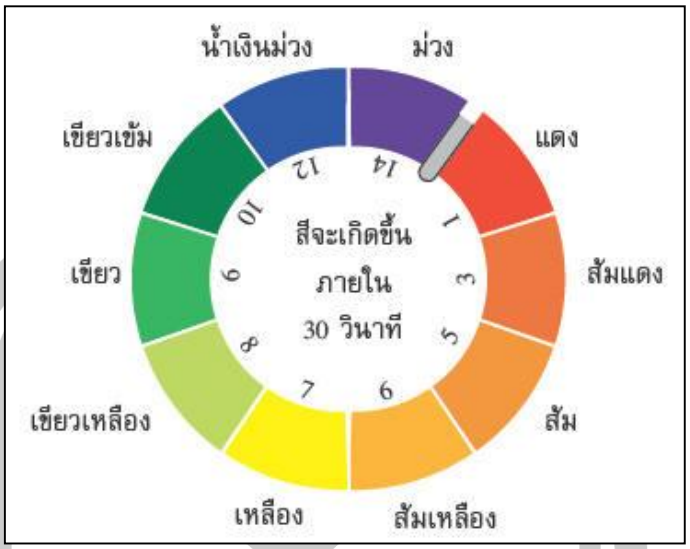
7. อินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน

อินดิเคเตอร์กรด-เบส ที่เหมาะสมกับปฏิกิริยาการไทเทรตจะต้องมีค่า pH ที่จุดกึ่งกลางช่วงการเปลี่ยนสีใกล้เคียงหรือเท่ากับ pH ที่จุดสมมูลของปฏิกิริยา นอกจากนี้ การเลือกใช้อินดิเคเตอร์กรด-เบส ต้องพิจารณาสีที่ปรากฏ จะต้องมีความเข้มมากพอที่จะมองเห็นได้ง่าย หรือเห็นการเปลี่ยนสีได้ชัดเจน ช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ จะเกิดขึ้นในช่วง 2 หน่วย pH

ตัวอย่างเช่น การไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ pH ของสารละลายผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการไทเทรต เมื่อถึงจุดสมมูลมีค่าใกล้เคียง 7 ก็ควรเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกับ 7 เช่น อาจใช้โบรโมไทมอลบลูหรือ ฟีนอล์ฟทาลีน ซึ่งจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู ในช่วง pH 8.20-10.00 เป็นต้น ดังนั้น ถ้าทราบ pH ของสารละลายที่จุดสมมูลของปฏิกิริยาการไทเทรตก็สามารถเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมได้

การเลือกอินดิเคเตอร์ ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส เพราะที่จุดสมมูลของแต่ละปฏิกิริยานั้น มีค่า pH ที่ต่างกัน

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

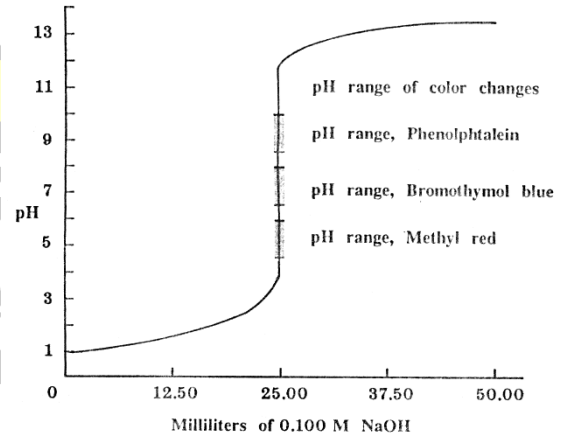


ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 6 แสดงอินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรต

กราฟของการไทเทรตจะช่วยในการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมได้ดี เพราะกราฟจะแสดงค่า pH ของสารละลายขณะไทเทรต ตั้งแต่ก่อนจุดสมมูล ที่จุดสมมูล และหลังจุดสมมูล จุดที่ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งเป็นจุดสมมูลนั้น จะบอกช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ที่จะเลือกใช้ในการพิจารณาเลือกอินดิเคเตอร์ จากกราฟของการไทเทรตจะแบ่งออกตามชนิดของปฏิกิริยาดังนี้

1. อินดิเคเตอร์สำหรับปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่



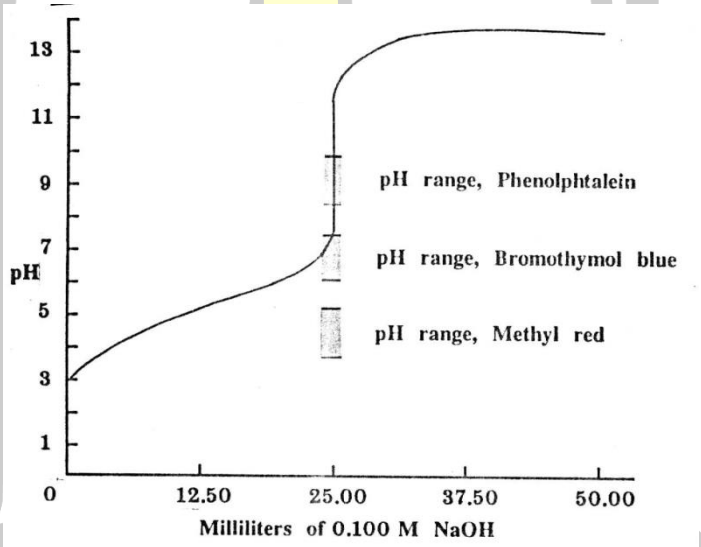
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 7 แสดงกราฟการไทเทรตระหว่างกรดแก่และเบสแก่

จากกราฟ จะเห็นว่าค่า pH เปลี่ยนแปลงรวดเร็วที่จุดใกล้ ๆ จุดยุติ (ตั้งแต่ pH 4-10) ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pH ของการเปลี่ยนแปลงสีระหว่าง 4 ถึง 10 ก็สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมที่อาจใช้ได้ ได้แก่ เมทิลเรด (4.4-6.2) โบรโมไทมอลบลู (6.0-7.5) และฟีนอล์ฟทาลีน (8.2-10.0) ดังแสดงในภาพ แต่เรามักจะนิยมใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เพราะสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีได้ชัดเจน สำหรับโบรโมคลีซอล กรีน (3.8-5.4) ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับกรดแก่และเบสแก่ เพราะช่วงเปลี่ยนสีที่เป็นรูปเบสของอินดิเคเตอร์จะเกิดก่อนจุดสมมูล ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการบอกจุดยุติ

2. อินดิเคเตอร์สำหรับปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่

การเลือกอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดอ่อน เช่น กรดแอซิติกกับเบสแก่ เช่น NaOH จะมีข้อจำกัดมากกว่าที่จุดสมมูลของการไทเทรต สารละลายจะมีโซเดียมแอซิเตต ทำให้สารละลายเป็นเบส มี pH มากกว่า 7



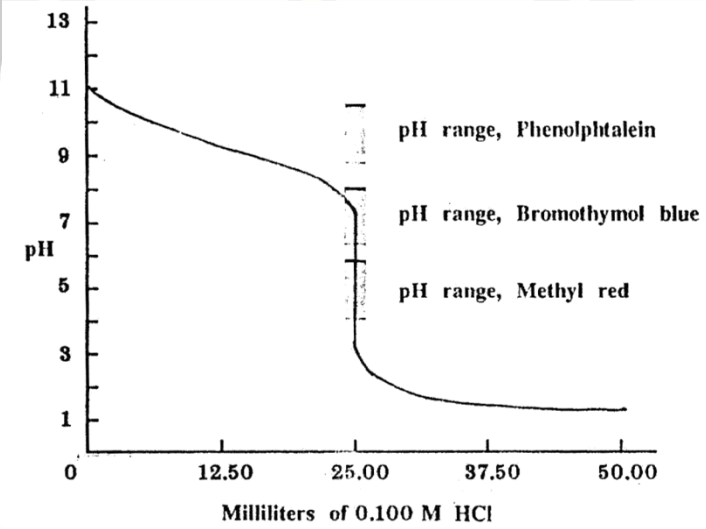
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 8 กราฟแสดงการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่และอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมทิลเรด จะเปลี่ยนสีก่อนจุดสมมูลจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับกรดแอซิติกกับ NaOH (เข้มข้น 0.100 M) ฟีนอล์ฟทาลีนเปลี่ยนสีที่ช่วงจุดสมมูลพอดี โบรโมไทมอลบลูอาจจะใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ดี เมื่อใช้สีมาตรฐานเทียบ

3. อินดิเคเตอร์สำหรับปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน

การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายขณะไทเทรตเบสอ่อน เช่น NH_3 กับกรดแก่ เช่น HCl จะค่อยๆ ลดลง เมื่อใช้ HCl เป็นสารมาตรฐาน ที่จุดยุติจะได้เกลือ NH_4Cl และ pH < 7 ในการไทเทรต 0.100 M NH_3 กับ 0.100 M HCl จะได้กราฟของการไทเทรต (ดังภาพประกอบ)



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 9 กราฟของการไทเทรตระหว่าง 0.1000 M NH_3 กับ 0.1000 M HCl

จากกราฟ เราสามารถพิจารณาชาวง pH 3-7.5 ในการเลือกอินดิเคเตอร์ ซึ่งเราอาจใช้โบรโมไทมอลบลูหรือเมทิลเรดได้ แต่ไม่ควรใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเพราะช่วง pH ของฟีนอล์ฟทาลีนมากกว่า 7 ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการบอกจุดสมมูล

การประยุกต์การไทเทรตกรด-เบสเพื่อหาปริมาณสารในชีวิตประจำวัน

การไทเทรตกรด-เบส ใช้ประยุกต์หาปริมาณสารที่เป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสารชีวโมเลกุลได้ ตัวอย่าง การประยุกต์ใช้ ได้แก่ การหาปริมาณกรดอ่อนในน้ำส้ม น้ำมะนาว และในไวน์ การหาปริมาณเบส $Mg(OH)_2$, MgO ในยาลดกรด หรือการหาปริมาณโปรตีนในอาหาร

1. การหาปริมาณกรดอ่อนในน้ำสม ทำได้โดยการปิเปตต์น้ำส้มเจือจางด้วยน้ำกลั่นประมาณ 5 เท่า แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.1000 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตจนสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู แล้วคำนวณหาร้อยละของกรดแอซิติก (CH_3COOH) โดยมวลต่อปริมาตร

2. การหาปริมาตรกรดอ่อนในมะนาวและในไวน์ ก็ทำได้โดยวิธีเดียวกับการหาปริมาณกรดแอซิติกในน้ำส้ม การรายงานผล จะรายงานเป็นร้อยละของกรดแอซิติก (ในน้ำมะนาว) และกรดทาร์ทาริก (ในไวน์)

3. การหาปริมาณ $Mg(OH)_2$ ก็ทำได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโดยตรง เช่น ไทเทรตกับกรด HCl สำหรับการหาปริมาณ MgO จะต้องเปลี่ยนให้เป็น $Mg(OH)_2$ โดยการใช้เบส แล้วค่อยไทเทรตกับสารละลายกรดมาตรฐาน

4. การหาปริมาณโปรตีนในอาหาร ต้องใช้วิธีทางอ้อมในการวิเคราะห์ โดยการหาปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในเอมีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนในโปรตีน การหาปริมาณไนโตรเจนนี้ทำได้โดยการเปลี่ยนไนโตรเจนให้อยู่ในรูปของ NH_3 แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน

วิธีการวิเคราะห์ เริ่มจากการย่อยสลายสารอาหารตัวอย่างด้วยกรด จากนั้นก็กลั่นเอา NH_3 ออกจากสารละลายที่ย่อยสลายแล้ว NH_3 ที่กลั่นออกมาจะถูกผสมกับกรดมาตรฐาน HCl ที่มากเกินพอ แล้วจึงไทเทรตกรดที่เหลือด้วยสารละลายเบส NaOH มาตรฐาน วิธีการไทเทรตแบบนี้เรียกว่า Back-titration

การหาปริมาณสารลดกรดในยาลดกรดบางชนิด

การหาปริมาณสารลดกรดในยาลดกรดบางชนิด ทำได้โดยการนำยาลดกรดมาบดให้ละเอียด แล้วชั่งประมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 cm^3 ในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 เติมกรด HCl เข้มข้น 1.0 mol/dm^3 ครั้งละ 1 cm^3 เขย่าจนไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้น เติม HCl ลงไปอีก 1 cm^3 เขย่า บันทึกปริมาตร HCl ที่ใช้ทั้งหมด จากนั้นอุ่นสารละลายให้ร้อน 1 นาที กรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย ของเหลวที่กรองได้ใส่ขวดเชิงปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 cm^3 ปิเปตต์สารละลายที่กรองได้ 10 cm^3 แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 โมล/ลิตร ใช้เมทิลออเรนจ์เป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตร NaOH แล้วคำนวณปริมาณร้อยละของ $CaCO_3$ ในยาลดกรด โดยมวล (วินัย วิทยาลัย, 2541)

8. สารละลายบัฟเฟอร์

สารละลายบัฟเฟอร์ คือ สารละลายผสมของกรดอ่อนกับเกลือของกรดนั้นหรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสนั้น และเป็นสารละลายที่สามารถควบคุมค่า pH ให้คงที่เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปไม่มากนัก เช่น (วินัย วิทยาลัย, 2541)

$$CH_3COOH\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow CH_3COONa\ (aq) + H_2O\ (l)$$

กรด เกลือของกรด CH_3COOH

การควบคุม pH ของสารละลายบัฟเฟอร์

1. เมื่อเติม H_3O^+ และ OH^- ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยกรดอ่อนและเกลือของกรดนั้น จากสมการ

$$CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$$

เติมกรดลงไป กรดจะแตกตัวให้ H_3O^+ ซึ่ง H_3O^+ จะรวมตัวกับคู่เบส CH_3COO^- กลายเป็น CH_3COOH ได้มากขึ้น แต่ในสารละลายมี CH_3COO^- มากพอที่จะรวมตัวกับ H_3O^+ ที่เติมลงไป จึงไม่ทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ เปลี่ยนแปลง ทำให้ค่า pH คงที่

เติมเบสลงไปเบสแตกตัวให้ OH^- ซึ่ง OH^- จะรวมตัวกับ H_3O^+ ได้ H_2O

$$H_3O^+\ (aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O\ (l)$$

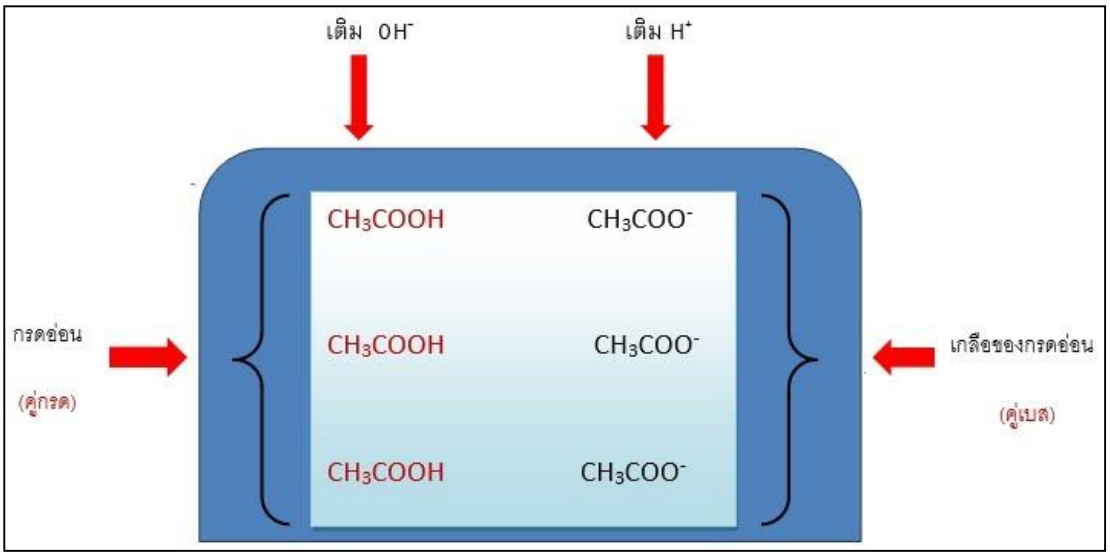
ทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ ลดลง ระบบจะปรับสมดุล โดย CH_3COOH จะแตกตัวทำให้ได้ CH_3COO^- กับ H_3O^+ จนระบบเข้าสู่สมดุล ซึ่งก็จะทำให้ pH ของสารละลายคงที่

2. เมื่อเติม H_3O^+ และ OH^- ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยเบสอ่อนและเกลือของเบสนั้น จากสมการ

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

เติมกรดลงไป กรดจะแตกตัวให้ H_3O^+ ซึ่ง H_3O^+ จะรวมตัวกับ OH^- กลายเป็น H_2O ทำให้ความเข้มข้นของ OH^- ลดลง ระบบจะปรับสมดุล โดย NH_3 จะทำปฏิกิริยากับ H_2O ได้ NH_4^+ กับ OH^- เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุล ทำให้ค่า pH คงที่

เติมเบสลงไปเบสแตกตัวให้ OH^- ซึ่ง OH^- จะรวมตัวกับ NH_4^+ ได้ NH_3 แต่ในสารละลายมี NH_4^+ มากทำให้ความเข้มข้นของ OH^- ไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้ค่า pH คงที่ ด้วย



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

ภาพประกอบ 10 แสดงการควบคุม pH ของสารละลายบัฟเฟอร์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ความหมายของแบบจำลอง

Justi และ Gilbert (2002) แบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ กระทำช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ การสร้างแบบจำลองจะมี วัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง แบบจำลองที่สร้างขึ้นอันมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย เช่นแบบจำลอง รถไฟ หรือมีขนาดใกล้เคียงกับเป้าหมาย เช่นแบบจำลองอวัยวะมนุษย์ หรือมีขนาดใหญ่กว่า เป้าหมายก็ได้ เช่น แบบจำลองของไวรัส

Gilbert และ Lreton (2003) แบบจำลองเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษจากคำว่า Model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทยโดยใช้คำว่า โมเดล แบบจำลอง ต้นแบบ แบบแผน ตัวแบบ ซึ่งแบบจำลองมีความหมายว่าสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรืออาจกล่าวได้ว่า แบบจำลอง คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่น ๆ ที่เรียกว่า “เป้าหมาย” ซึ่งได้แก่ ระบบแนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

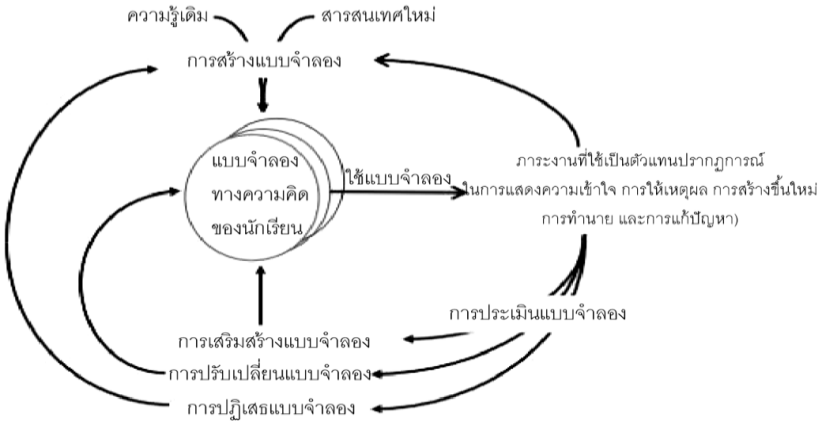
จากความหมายและความสำคัญประเภทของแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ เหตุการณ์หรือระบบ

ความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถนา แบบจำลองมาใช้เพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนได้แก่สิ่งที่เป็น รูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ คำ พูด สูตรสมการทางเคมี และสมการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น และมีบทบาทหน้าที่ ที่สำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ คือ 1. เป็นตัวแทนของสัญลักษณ์ในการบรรยายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น 2. ทำให้เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากขึ้น 3. เป็นพื้นฐานสำหรับการตีความหมายจากผลการทดลอง 4. ทำให้คำอธิบายได้รับการพัฒนา 5. เป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทำนายซึ่งแบบจำลองนั้นเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่บรูณาการบนพื้นฐานงานวิจัยระหว่างจิตวิทยาทางสติปัญญา (Cognitive Psychology) และการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science Education) (Buckley and others, 2010) หมายถึง การสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการเรียกซ้ำในกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงและเพิ่มรายละเอียด (Buckley and Boulter, 2000) โดยทฤษฎีนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมมติฐานที่ว่า “ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจาก ปรากฏการณ์ที่ศึกษาหลังจากได้แก้ปัญหา (Problem-Solving) การลงข้อสรุป (Inferencing) หรือ การให้เหตุผล (Reasoning) จากการใช้แบบจำลองทางความคิด” (Buckley and others, 2004) และนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิม บรูณาการเข้ากับสารสนเทศใหม่และได้ขยายความรู้ต่อไป (Buckley and Boulter, 2000)

Buckley และคณะ (2004) ได้ให้ความเห็นว่า “แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) เป็นสิ่งที่อยู่ภายใน กล่าวคือ เป็นกระบวนการคิดเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนที่ใช้ในการให้เหตุผลกับสิ่งต่าง ๆ และมีอิทธิพลต่อการรับรู้ปรากฏการณ์และความเข้าใจในสารสนเทศ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์และการเป็นตัวแทนต่างมีอิทธิพลต่อแบบจำลองทางความคิด” และแบบจำลองทางความคิดนี้จะเกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการอุปนัยจากประสบการณ์ การสร้างแบบจำลองจากการนำสารสนเทศมาปะติดปะต่อกัน และ/หรือเขียนจากการเทียบเคียง แบบจำลองหรือปรากฏการณ์ (Buckley and Boulter, 2000) ซึ่งการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐานแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ที่มา : Buckley และคณะ (2010)

ภาพประกอบ 11 แสดงกระบวนการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน

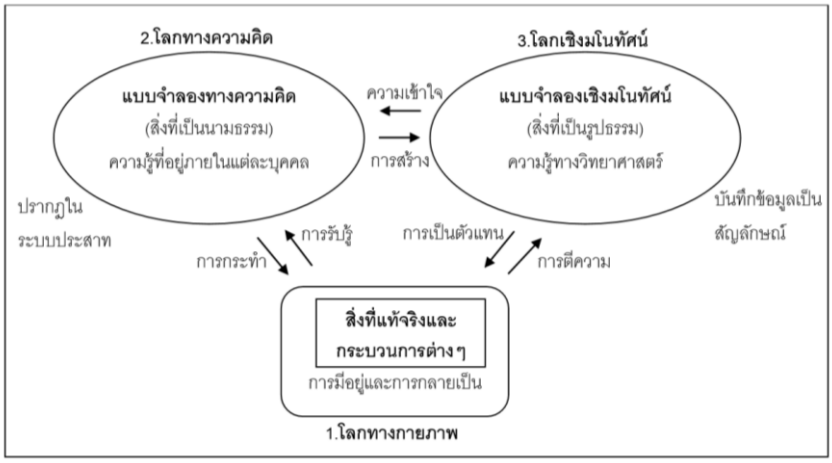
จากแผนภาพข้างต้นกระบวนการการเรียนรู้ของนักเรียนอธิบายได้ดังนี้ การตอบสนองภาระงานของครู นักเรียนจะเขียนแบบจำลองจากความรู้เดิมและสารสนเทศใหม่ที่ได้รับในระหว่างการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวบรวมความรู้มาจากหลาย ๆ แหล่ง อันได้แก่ ประสบการณ์ตรงที่ได้รับจากปรากฏการณ์ ประสบการณ์ที่ได้รับผ่านวีดิทัศน์หรือสถานการณ์จำลอง หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับการแสดงการเป็นตัวแทนที่หลากหลาย (Representations) และแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Models) เป็นต้น และความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจอยู่ในลักษณะแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์เพียงบางส่วนหรือแบบจำลองที่ยังไม่สมบูรณ์ซึ่งยังไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองทางความคิดนี้ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่แสดงออกมาในหลากหลายรูปแบบเพื่อทำความเข้าใจและประเมินแบบจำลองที่นักเรียนคนอื่นสร้างขึ้น รวมไปถึงการใช้เพื่อทดสอบแบบจำลองทางความคิดของตัวนักเรียนเอง ถ้านักเรียนใช้แบบจำลองตามภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จกล่าวคือแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบายและทำนายได้หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามถ้าแบบจำลองดังกล่าวเกิดความไม่สอดคล้องและ/หรือแบบจำลองมีข้อบกพร่อง นักเรียนอาจจะปฏิเสธแบบจำลองดังกล่าวและสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่อีกครั้งหรือปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างไว้ในตอนเริ่มต้น โดยการปรับปรุง แก้ไขเพียงบางส่วนหรืออาจเพิ่มเติมและรวบรวมแบบจำลองที่มีอยู่เพื่อทำให้เป็นแบบจำลองที่ สมบูรณ์นักเรียนที่สร้างแบบจำลองจนเกิดความชำนาญจะสามารถปรับเปลี่ยนการแสดงการเป็น ตัวแทนลักษณะของปรากฏการณ์

โดยมีความสอดคล้องและเป็นไปตามภาระงานที่ได้รับ (Buckley and Boulter, 2000 ; Buckley and others, 2004) เมื่อแบบจำลองทางความคิดนี้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับความรู้ที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองที่ครูสร้างขึ้นเพื่อใช้ ในการเรียนการสอนซึ่งเรียกว่า แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นได้รับการทดสอบผ่านกระบวนการทดลองซึ่งเผยแพร่ในวรรณกรรมทางวิทยาศาสตร์และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสังคมวิทยาศาสตร์ แบบจำลองนั้นจะเรียกว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) (Wang, 2007)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง ความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา (Problem-Solving) การลงข้อสรุป (Inference) หรือ การให้เหตุผล (Reasoning) นักเรียนใช้แบบจำลองตาม ภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จกล่าวคือแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้ หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด

3. ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory)

เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบาย โครงสร้างของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดย Hestenes (2006) ได้สร้างกรอบแนวคิดที่ เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง (Modeling Structure of Cognition) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Models) ว่าควรสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาไว้ ดังนี้



ที่มา : Hestenes (2006)

ภาพประกอบ 12 แสดงแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์

จากแผนภาพข้างต้นแสดงลักษณะทางปัญญาของบคุคลที่เป็นการสร้างและการจัดการแบบจำลองทางความคิดภายในตน โดยแบบจำลองทางความคิดเป็นการสร้างความคิดภายในตนของแต่ละบุคคลที่เกิดจากการรับรู้ปรากฏการณ์ ความคิดที่สร้างขึ้นสามารถยกระดับเป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ด้วยการเข้ารหัสโครงสร้างแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่จะกระตุ้น แบบจำลองทางความคิดของแต่ละบุคคลและสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดของบุคคลอื่นที่เป็นตัวแทนของการรับรู้ ปรากฏการณ์จึงถือเป็นการสร้างและใช้แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่แสดงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกัน แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิดนี้ยังไม่ได้เป็นทฤษฎีที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ฉะนั้นเขาจึงไม่สามารถที่จะกล่าวอ้างงานวิจัยอื่น ๆ ที่จะยอมรับแนวทางการตีความจากผลที่เกิดขึ้น เพื่อสนับสนุนทฤษฎีการสร้างแบบจำลองได้ แต่หลักฐานที่ใช้อย่างกว้างขวางและสอดคล้องกันมากที่สุดนั้นมาจากความรู้ความเข้าใจทางภาษา (Cognitive Linguistics) ที่กล่าวว่า “ภาษาไม่ได้อ้างอิงโดยตรงไปยังโลกแต่อ้างอิงเป็นแบบจำลองทางความคิดและองค์ประกอบ โดยภาษาจะช่วยหรือปรับปรุงแบบจำลองทางความคิด เพื่อเป็นการแสดงความเข้าใจจากการบอกเล่าเรื่อง”

จากทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง สรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง หมายถึง ลักษณะทางปัญญาของบุคคลที่เป็นการสร้างและการจัดการแบบจำลองทางความคิดภายในตน โดยแบบจำลองทางความคิดเป็นการสร้างความคิดภายในตน ของแต่ละบุคคลที่เกิดจากการรับรู้ปรากฏการณ์ความคิดที่สร้างขึ้นสามารถยกระดับเป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ด้วยการเข้ารหัสโครงสร้างแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่จะกระตุ้น แบบจำลองทางความคิดของแต่ละบุคคลและสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดของบุคคลอื่น

4. แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง

Rea-Ramirez, Clement และ Nunez-Oviedo (2008) ได้กล่าวถึงแนวคิดที่ใช้อธิบายกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์และคนทั่วไปใช้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแนวคิดดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม สรุปได้ ดังนี้

กลุ่มหนึ่ง ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีแบบจำลองทางความคิดของ Philip Johnson-Laird ที่เน้นการเชื่อมโยงทางจิตวิทยาเชิงความหมาย (Semantic) มากกว่าการอนุมาน (Inference) ซึ่งกล่าวไว้ว่า “เมื่อบุคคลแก้ปัญหาเชิงตรรกะแทนการใช้การให้เหตุผลแบบนิรนัย เขาจะสร้างแบบจำลองขึ้นและตรวจสอบความถูกต้องผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบและคัดแบบจำลองอื่น ๆ ที่เท่าเทียมกันออก”

กลุ่มสอง เป็นกลุ่มนักวิจัยด้านการรู้คิด (Cognitive Researchers) กล่าวไว้ว่า “กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์และคนทั่วไปใช้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างมโนทัศน์และปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จากการตรวจสอบกระบวนการให้เหตุผล

ที่ดำเนินการโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญในขณะที่แก้ปัญหาคำอธิบาย หรือในขณะที่กำลังปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ”

กลุ่มที่สาม เป็นกลุ่มศาสตร์ด้านการรู้คิดทางจิตวิทยากระบวนการสร้างแบบจำลอง (Psychology of Modeling Process) ได้แก่ การใช้แนวเทียบ (Analogy) การสร้างแบบจำลองทางความคิด และจินตนาการ เป็นต้น โดย Collins และ Gentner (1987) ได้เสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแนวทางที่บุคคลใช้สร้างแบบจำลองทางความคิด โดยใช้แนวเทียบ ซึ่งกล่าวไว้ว่า “บุคคลจะใช้แนวเทียบจัดกลุ่มในระหว่างการให้เหตุผลเกี่ยวกับปริเขตที่ยังไม่คุ้นเคย เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นใหม่ที่สามารถเรียกใช้เพื่อทำนายเกี่ยวกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ ของโลกความจริง โดยเรียกว่า ปริเขตที่รู้จักว่าฐาน (Base) และเรียกปริเขตที่ไม่รู้จักว่าเป้าหมาย (Target) เมื่อบุคคลไม่คุ้นเคยกับสถานการณ์ที่ซับซ้อน เขาจะแบ่งระบบ เป้าหมายเป็นชุดขององค์ประกอบของแบบจำลอง โดยการจัดกลุ่มที่ใช้แนวเทียบจากระบบ พื้นฐานที่แตกต่างกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า บุคคลตั้งสมมติฐานว่าวัตถุสามารถใช้แนวเทียบ ได้มากกว่าหนึ่งอย่างเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของสถานการณ์ที่ไม่รู้จักให้สมบูรณ์”

5. ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ ได้ให้ความหมายของแบบจำลองที่ใช้ในบริบทของการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

Hestenes (1996) กล่าวว่า“แบบจำลองหมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างในระบบทางกายภาพและ/หรือคุณสมบัติของระบบทางกายภาพ”

Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) กล่าวว่า“แบบจำลองหมายถึง การเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่สร้างขันโดยมีวัตถุประสงค์อย่างเฉพาะเจาะจง”

National Center for Mathematics and Science (2002) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หมายถึง แนวคิดหรือชุดแนวคิดที่ใช้อธิบายหาสาเหตุปรากฏการณ์ ในธรรมชาติโดยเฉพาะ”

National Science Education Standards (1995) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่า “แบบจำลอง หมายถึงสิ่งที่เป็นตัวแทนในลักษณะของภาพหรือคณิตศาสตร์เพื่อการพรรณนาหรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทาง วิทยาศาสตร์ ทฤษฎี กฎ เอกลักษณ์ทางกายภาพ โครงสร้างสิ่งมีชีวิต หรือบางส่วนของโครงสร้าง สิ่งมีชีวิต”

Halloun (2006) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่า “แบบจำลอง หมายถึง การจัดระบบผังมโนทัศน์ภายในบริบทของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไปยังแบบแผนของโครงสร้างและลักษณะของระบบทางกายภาพที่เฉพาะเจาะจง”

Ornek (2008) กล่าวว่า “แบบจำลอง หมายถึง ผลของการสร้างสิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุ ปรากฏการณ์ หรือแนวคิดจากเป้าหมายกับแหล่งข้อมูล”

Schwarz และคณะ (2009) กล่าวว่า “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ เครื่องมือสำหรับรวบรวมหรือแสดงลักษณะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลเชิงประจักษ์ในรูปแบบที่สามารถใช้เพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายวัตถุหรือปรากฏการณ์”

Harrison และ Treagust (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่า “แบบจำลอง หมายถึง การใช้รูปร่างและแบบแผนที่เสมือนจริงแสดงลักษณะของระบบซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นได้ เพื่อสร้างความเข้าใจ ก่อให้เกิดคำอธิบาย หรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ” ฉะนั้นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบที่ใช้เป็นตัวแทนแสดงความรู้ความ เข้าใจในปรากฏการณ์ทางกายภาพและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

จากความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การใช้รูปร่างและแบบแผนที่เสมือนจริงแสดงลักษณะของระบบซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นหรือแสดงลักษณะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลเชิงประจักษ์

6. ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีด้วยกันหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาพบว่าประกอบด้วย 2 เกณฑ์ ได้แก่ 1. การจำแนกแบบจำลองบนพื้นฐานของหลักภววิทยา (Ontology) หรือแบ่งตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ 2. การจำแนกแบบจำลองตามรูปแบบของการเป็นตัวแทนทางความคิด (Forms of Representation หรือ Modes of Representation) โดยรายละเอียดของ แต่ละเกณฑ์มีดังนี้

1. การจำแนกตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักวิชาการได้ศึกษาและจัดประเภทของแบบจำลองไว้ดังต่อไปนี้

Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) และ Gilbert (2005) ได้จำแนกแบบจำลองตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) หมายถึง การเป็นตัวแทนทางสติปัญญาเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้นและอยู่ภายในความคิดของบคุคลนั้น

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model หมายถึง การเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดที่บุคคลได้สื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้

3. แบบจำลองที่เป็นมติ (Consensus Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงออกซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคลหรือชั้นเรียนที่ศึกษาเรื่องนั้น ๆ จากการได้อภิปรายหรือทำการทดลองจนมีความเห็นร่วมกัน

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงออกที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ จากการได้ทดสอบด้วยการทดลองและเผยแพร่ผ่านวารสารเชิงวิชาการต่อไป หรือเป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจตรวจสอบและสร้างขึ้นเพื่อใช้ อธิบายปรากฏการณ์เช่น แบบจำลองอะตอมของชโรดิงเจอร์ และแบบจำลองเชื้อไวรัสเอดส์ เป็นต้น

5. แบบแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical Model) หมายถึง แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของบอร์ แบบจำลองการนำไฟฟ้าตาม กฎของโอห์ม เป็นต้น

6. แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร (Curricular Models) หมายถึง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ที่อยู่ในรูปแบบของการทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

7. แบบจำลองที่ใช้ในการสอน (Teaching Models) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร เช่น การใช้แนวเทียบของอะตอมกับระบบสุริยะ เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถพัฒนาได้โดยครูผู้สอนหรือนักเรียน

8. แบบจำลองผสม (Hybrid Models) หมายถึง แบบจำลองที่ครูผู้สอนได้รวบรวมลักษณะของ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางประวัตศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตรในบริบทของการสืบสอบ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ใช้สำหรับการเรียนการสอนหรือระบุเพิ่มเติมไว้ในหลักสูตร

Harrison และ Treagust (2000) ได้ศึกษาความเหมือนและความต่างของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานแบบจำลองที่เรียกว่าแบบจำลองเชิงเทียบ (Analogical Models) จนสามารถจัดประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทรวมแบ่งได้ทั้งหมด 10 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Models) หมายถึง แบบจำลองที่สะท้อนลักษณะทางภายนอก ขนาด สี รูปร่างและโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบแบบจำลอง เช่น แบบจำลอง สัตว์ต่าง ๆ พืช รถยนต์ หรือตุ๊กตาของเล่น เป็นต้น

2. แบบจำลองเชิงเทียบที่ใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Models) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะ

เสมือนกันแบบ ตำแหน่งต่อตำแหน่งและเน้นที่ลักษณะสำคัญ มักทำจากวัสดุ เช่น การใช้วัตถุกลมและแท่ง ทรงกระบอกเชื่อมต่อกันเป็นแบบจำลองของอะตอมและโมเลกลุ เป็นต้น

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Models) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แทนด้วยสัญลักษณ์ CO_2 หรืออยู่ในรูป O=C=O เป็นต้น

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางมโนทัศน์ในองค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพซึ่งแสดงได้เป็นสมการ และกราฟ เช่น กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันเขียนแทนได้เป็น หรือกฎของบอยล์เขียนความสัมพันธ์ได้เป็น เป็นต้น โดยแบบจำลองประเภทนี้มีความเป็นนามธรรม แม่นยำและทำนายได้มากที่สุดจากบรรดาแบบจำลองทั้งหมด และนักเรียนควรที่จะสามารถพูด หรือเขียนอธิบายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้ด้วย

5. แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Models) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎีเพื่อใช้ในการบรรยายและอธิบาย เช่น การเขียนเส้นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้แทนแรงและโฟตอน เป็นต้น

6. การใช้แผนที่แผนผังและตาราง (Maps, Diagrams and Tables) หมายถึง แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทาง และความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถสังเกตและ จำแนกได้โดยง่าย มีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น ตารางธาตุ ผังต้นไม้แสดงวิวัฒนาการ แผนที่อากาศ แผนผังวงจรไฟฟ้า ระบบไหลเวียนโลหิต แผนผังแสดงห่วงโซอาหาร เป็นต้น

7. แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept-Process Models) หมายถึง แบบจำลองที่เน้นการอธิบายกระบวนการในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น สมการรีดอกซ์และสมดุลทางเคมี การอธิบายการหักเหของแสงโดยวาดเป็นวงกลมเป็นในลักษณะแถวเรียงกัน เคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางที่ต่างกัน เป็นต้น

8. สถานการณ์จำลอง (Simulations) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะเคลื่อนไหวโดยแสดงกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการทำความเข้าใจ เช่น การแสดงเที่ยวบินของอากาศยาน ปฏิกิริยานิวเคลียร์ การเกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น โดยแบบจำลองนี้มีข้อดีที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินเนื่องจากเป็นสถานการณ์เสมือน

9. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) หมายถึง แบบจำลองของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการทางสติปัญญา

10. แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Models) หมายถึง แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อ เรียนจบบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเปรียบเทียบไข่กับชั้นอิเล็กตรอนที่สามารถช่วยปกป้องโครงสร้างของมันได้ เป็นต้น

2. การจำแนกแบบจำลองตามรูปแบบของการเป็นตัวแทน พบว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถแสดงออกมาได้ในหลากหลายรูปแบบ หรือกล่าวได้ว่ามีรูปแบบของการเป็นตัวแทนได้หลายลักษณะ (Forms of Representation) ทั้งนี้มีนักวิชาการได้ศึกษาและจัดแบ่งประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

Grosslight และคณะ (1991) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามลักษณะภายนอกไว้ 4 แบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

1. วัตถุและตัวบุคคล (Object and People) หมายถึง การใช้วัสดุที่เป็น 3 มิติ หรือคน เช่น ของเล่นเด็ก แบบจำลองทางสถาปัตยกรรม การใช้บทบาทสมมติ เป็นต้น

2. แผนภาพ (Visual) หมายถึง การใช้ภาพวาดที่เป็น 2 มิติเช่น ภาพวาด แผนผัง กราฟ แผนที่ พิมพ์เขียว เป็นต้น หรือเป็น 3 มิติที่แสดงในคอมพิวเตอร์

3. ภาษา (Verbal) หมายถึง การพูดหรือการเขียน เช่น การเรียนการสอน เป็นต้น

4. นามธรรม (Abstract) หมายถึง การเป็นตัวแทนของแนวคิด เช่น แบบจำลองทางทฤษฎี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) ได้กล่าวถึงประเภทของแบบจำลองที่แสดงออก ในการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยแบ่งตามลักษณะการเป็นตัวแทนที่สำคัญได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. ลักษณะที่เป็นวัตถุ (Concrete or Material Mode) หมายถึง การใช้วัสดุที่เป็น 3 มิติ และทำจากวัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวไอออนที่ทำจากพลาสติก แบบจำลองระบบ ไหลเวียนโลหิตของมนุษย์ที่ทำจากพลาสติกผสมสี แบบจำลองปีกเครื่องบินที่ทำจากโลหะ เป็นต้น

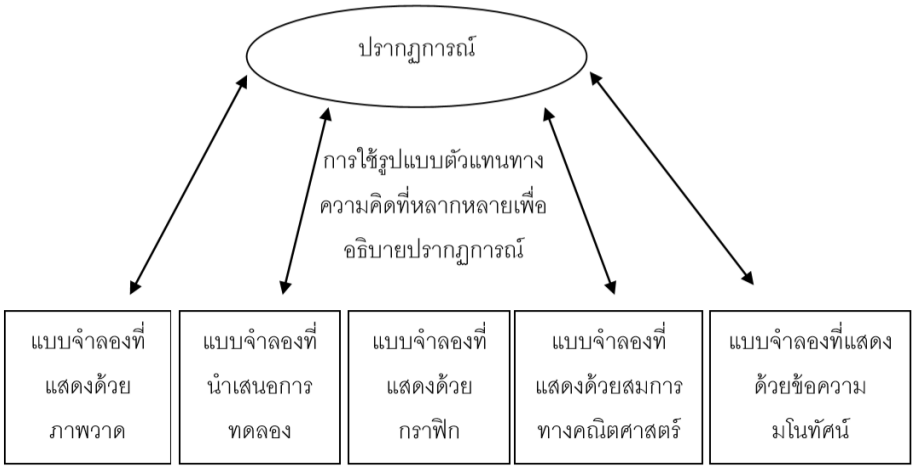
2. ลักษณะที่เป็นภาษา (Verbal Mode) หมายถึง การพูดหรือการเขียนที่ประกอบด้วยการพรรณนาเกี่ยวกับเอกลักษณ์และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่แสดงแทน เช่น การแสดงธรรมชาติของโครงสร้างโมเลกุล เส้นเลือดดำและเส้นเลือดแดง เป็นต้น

3. ลักษณะที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Mode) หมายถึง การใช้ชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ สมการทางเคมี และการแสดงสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น กฎของแก๊ส กฎของอัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

4. ลักษณะที่เป็นภาพ (Visual Mode) หมายถึง การใช้กราฟ แผนผัง แผนภาพที่เป็น 2 มิติ และภาพเคลื่อนไหว เช่น แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมี เป็นต้น

5. ลักษณะที่เป็นการเคลื่อนไหว (Gestural Mode) หมายถึง การใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกาย เช่น นักเรียนเคลื่อนที่เพื่อแสดงแทนการเคลื่อนที่ของไอออนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาอิเล็กโตรไลท์ เป็นต้น

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นจากแบบจำลองทางความคิดโดยแสดงออกมาเป็นแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) หรือแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) ในลักษณะรูปแบบของการเป็นตัวแทนทาง ความคิด (Representation) มี 5 แบบ ได้แก่ 1. แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด 2. แบบจำลองที่ นำเสนอการทดลอง 3. แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิก 4. แบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ 5. แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการ แสดงความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ในสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์ตามแนวคิดของ Dolin (Guttersrud, 2007) สรุปได้ดังแผนภาพ



ที่มา : โกเมศ นาแจ้ง (2554)

ภาพประกอบ 13 แสดงประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้สร้างเพื่ออธิบายปรากฏการณ์

รายละเอียดและตัวอย่างของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนใช้สร้างเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่ใช้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด (Pictorial Representation) หมายถึง แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในลักษณะของภาพวาด สัญลักษณ์ แผนผัง หรือรูป โดยตัวอย่างของแบบจำลองที่ใช้ภาพวาด

2. แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง (Experimental Representation) หมายถึง แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจขั้นตอนการทดลองด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ พร้อมทั้งสัญลักษณ์และข้อความโดยตัวอย่างของแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง

3. แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิก (Graphical Representation) หมายถึง แบบที่แสดงความรู้ ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในลักษณะของตาราง แผนภูมิแท่ง และกราฟที่เป็น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ โดยตัวอย่างลักษณะของแบบจำลองแสดงด้วยกราฟิกที่เป็นกราฟ

4. แบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Representation) หมายถึง แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในลักษณะของสมการ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรและค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ โดยตัวอย่างของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

5. แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ (Conceptual Representation) หมายถึง แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในลักษณะการเขียนบรรยายหรือพูดโดยสรุปเป็นมโนทัศน์จากผลการสำรวจตรวจสอบหรือข้อมูลจากการทดลอง โดยสรุปเป็นมโนทัศน์จากผลการสำรวจตรวจสอบหรือข้อมูลจากการทดลอง

7. องค์ประกอบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การเรียนรู้โดยมีแบบจำลองเป็นฐานหรือการสร้างแบบจำลองมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับ การสร้างแบบจำลองทางความคิดในปรากฏการณ์ที่สนใจของนักเรียน โดยเขียนออกมาในลักษณะรูปแบบการเป็นตัวแทนทางความคิดได้ในหลายลักษณะ ทั้งนี้มีนักการศึกษาได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Mayer, Kamens และ Benavot (1992) ได้เสนอเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมี 6 เกณฑ์ ดังนี้

1. มีลักษณะสำคัญและแสดงความสัมพันธ์ของเอกลักษณ์ภายในแบบจำลอง
2. มีความสอดคล้องเชื่อมโยงมีคำอธิบายรายละเอียดที่เพียงพอในแบบจำลอง
3. มีความเป็นรูปธรรมโดยเป็นแบบจำลองที่สามารถมองเห็นและเข้าใจได้
4. ปรากฏการณ์ที่แสดงในแบบจำลองมีแนวคิดที่สอดคล้องกับทฤษฎี
5. มีความถูกต้องและเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์
6. การใช้ภาษาที่ถูกต้องและสื่อความหมาย

Driel, Beijaard และ Verloop (1998) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 7 ลักษณะ ดังนี้

1. แบบจำลองต้องมีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับระบบ วัตถุ ปรากฏการณ์หรือกระบวนการที่จะอธิบายเสมอ

2. แบบจำลองเป็นเครื่องมือหนึ่งในการได้มาซึ่งสารสนเทศเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา ซึ่งไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง เช่น แบบจำลองอะตอม แบบจำลองที่อธิบายหลุมดำ

เป็นต้น โดยแบบจำลองที่มีลักษณะคัดลอกเพียงลักษณะภายนอกของวัตถุจึงจัดเป็นแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองจะไม่นำเสนอวัตถุหรือปรากฏการณ์เหมือนภาพถ่ายหรือภาพที่มีลักษณะเหมือนกันโดยตรง

4. แบบจำลองเป็นการเทียบกับปรากฏการณ์ที่ช่วยให้สามารถกำหนดสมมติฐานจาก แบบจำลอง และทดสอบในขณะที่กำลังศึกษาปรากฏการณ์ โดยการทดสอบสมมติฐานนี้จะทำให้ได้สารสนเทศใหม่จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา

5. แบบจำลองมีประเด็นที่แตกต่างจากปรากฏการณ์บางส่วน โดยจะคงไว้ในประเด็นที่มี ความเป็นไปได้และอธิบายได้

6. แบบจำลองสามารถสร้างขึ้นในลักษณะที่เป็นการเทียบเคียงหรือแตกต่างจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อเป็นตัวเลือกจากคำถามที่ต้องการศึกษา

7. แบบจำลองสามารถพัฒนาผ่านกระบวนการทดลองซ้ำเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง จากการได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์เพิ่มเติมซึ่งมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์

Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) ได้กล่าวถึงลักษณะองค์ประกอบของแบบจำลอง ซึ่งมีทั้งแบบจำลองทั่วไปและแบบจำลองที่มีความเป็นนามธรรม ทั้งนี้แบบจำลองอาจประกอบด้วยบางส่วนหรือทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปส่วนประกอบของแบบจำลองได้ ดังนี้

1. เอกลักษณ์ (Entities) ที่เป็นวัตถุหรือสิ่งที่จับต้องได้ ที่มองเห็นได้ทั้งที่แยกออกมา เช่น ล้อรถ เป็นต้น หรือเป็นส่วนประกอบหนึ่งของระบบที่สนใจ เช่น ล้อรถที่ติดอยู่กับรถยนต์ เป็นต้น

2. เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรม(Abstraction) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือไม่สามารถจับต้องได้ แต่ประพฤติตัวราวกับเป็นวัตถุหรือที่สามารถสัมผัสได้ เช่น แรงและพลังงาน เป็นต้น

3. ความผสมผสานกัน (Mixture) ของเอกลักษณ์ ระหว่างสิ่งที่สัมผัสจับต้องได้กับสิ่งที่ประพฤติตัวราวกับเป็นวัตถุหรือที่สัมผัสได้

4. ระบบ (System) ที่แสดงความสัมพันธ์ของเอกลักษณ์

5. เหตุการณ์ (Event) ที่แสดงพฤติกรรมของเอกลักษณ์ที่อยู่ในระบบที่สนใจที่มีข้อจำกัดในด้านเวลา เช่น แบบจำลองของการแข่งขันกรีฑา เป็นต้น

6. กระบวนการ (Process) ของเหตุการณ์ที่อยู่ในระบบที่มีผลลัพธ์อย่างชัดเจน เช่น วิธีการของ Bosch Haber ในการผลิตแอมโมเนียจากไนโตรเจนและไฮโดรเจน เป็นต้น

จากองค์ประกอบที่สำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ดังนี้ 1. แบบจำลองต้อง

แสดงความเป็นตัวแทนหรือมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ อธิบายอย่างชัดเจนสมบูรณ์ 2. แบบจำลองต้องแสดงมโนทัศน์หรือทฤษฎีที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ ซึ่งสามารถใช้ตั้งสมมติฐาน อธิบาย หรือทำนายได้ถูกต้อง 3. แบบจำลองต้องแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรหรือเอกลักษณ์ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการที่สนใจ

8. ความสำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญในด้านการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจและการสื่อสารความรู้ (Harrison and Treagust, 2000) แบบจำลองมีความสำคัญในงานวิจัยทาง วิทยาศาสตร์ (Scientific Research) ทั้งในด้านการตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบสมมติฐาน และการบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Gobert and Buckley, 2000) โดย Justi และ Gilbert (2002) ได้สรุปบทบาทที่สำคัญของแบบจำลองและการ สร้างแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้ 1. เป็นตัวแทนของเอกลักษณ์ในการบรรยายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น 2. ทำให้เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากขึ้น 3. เป็นพื้นฐานสำหรับการตีความหมายจากผลการทดลอง 4. ทำให้คำอธิบายได้รับการพัฒนา 5. เป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทำนาย ดังตัวอย่างผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายด้วยแบบจำลอง ได้แก่แบบจำลองโครงสร้างสายดีเอ็นเอของ Watson และ Crick (Harrison and Treagust, 2000) แบบจำลองอะตอมของ Rutherford การเขียน แผนภาพทิศทางการไหลของของเหลวแทนการไหลของกระแสไฟฟ้าของ Volta และ Ampere (Coll, France and Taylor, 2005) และแบบจำลองของคลื่นและอนุภาคที่ใช้อธิบาย ธรรมชาติการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Rutherford, 2000) เป็นต้น จะเห็นได้ว่า แบบจำลองนั้นมีความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยแบบจำลองเป็นทั้งผลผลิต ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้และการสอน (Harrison and Treagust, 2000)

ในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญในการช่วยขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ในรอบศตวรรษที่ผ่านมา และในปัจจุบันนี้ แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองนั้นได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (Sciectific literacy) (Gilbert and Buckley, 2000) ซึ่งสอดคล้อง กับงานวิจัยของ Schwarz และ White (2005) ที่ให้ข้อสรุปไว้ว่า “นักเรียนควรรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ ของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้ วิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ได้” โดยแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์หลัก (Justi and Gilbert, 2002) สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อเป็นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยรู้ธรรมชาติ ขอบเขต และข้อจำกัดที่สำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนควรเกิดความซาบซึ้งกับบทบาทของแบบจำลองในการสนับสนุนและการเผยแพร่ของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ได้

3. เพื่อเรียนรู้การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถสร้าง แสดง และทดสอบแบบจำลองของตนเองได้

จากการให้ความสำคัญของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จะมีส่วนช่วยเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแสวงหาความรู้อย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Schwarz และคณะ (2009) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่เกิดจากการให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ “1. การสร้างแบบจำลองเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2. แบบจำลองทำให้ความคิดของนักเรียนมีความชัดเจนและเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างและ สื่อสารความเข้าใจ 3. การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ วิธีการ การให้เหตุผล และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์”

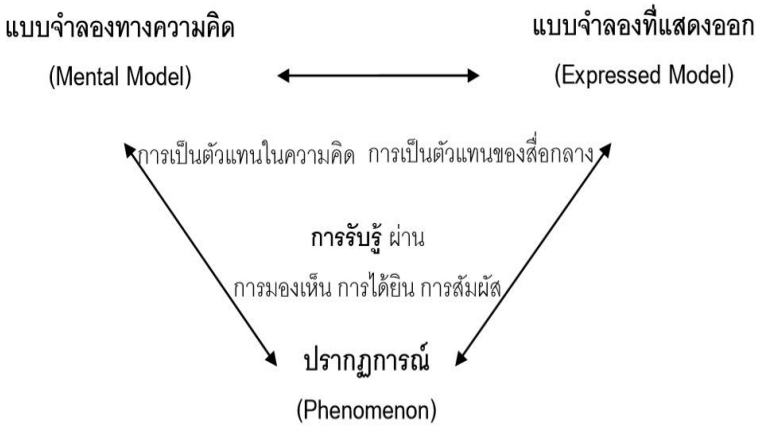
จากความสำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดการสำรวจ ตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และอธิบายความรู้ในปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนปฏิบัติอย่าง นักวิทยาศาสตร์กล่าวคือ ฝึกกระบวนการทางความคิดตามแนวทางการได้มาซึ่งความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

9. ความสัมพันธ์ระหว่าง แบบจำลองทางความคิด แบบจำลองที่แสดงออก และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองทางความคิด แบบจำลองที่แสดงออก และแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แต่ละคำล้วนมีความหมายที่แตกต่างกัน ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องศึกษาคำจำกัดความและความสัมพันธ์เพื่อช่วยในการวางกรอบการวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

แบบจำลอง (Model) เป็นการแสดงการเป็นตัวแทนของความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือระบบที่สนใจ (CMISTRE: the Centre for Models in Science and Technology: Research in Education) (Buckley and Boulter, 2000) และแบบจำลองทางความคิด (Mental models) หมายถึง การเป็นตัวแทนทางสติปัญญาหรือกระบวนการสร้างทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นภายในบุคคล ซึ่งบุคคลจะใช้เพื่อสร้างความเข้าใจ บรรยาย อธิบาย ทำนาย หรือควบคุม และให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ (Buckley and Boulter, 2000 Coll, France and Taylor, 2005) เมื่อบุคคลได้แสดงแบบจำลองทางความคิดนี้ในที่สาธารณะผ่าน การกระทำ พูด เขียน หรือในรูปแบบสัญลักษณ์ จึงทำให้แบบจำลองดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Models) (Coll, France and Taylor, 2005) ฉะนั้น แบบจำลองทางความคิด

มีความแตกต่างจากแบบจำลองที่แสดงออก กล่าวคือ แบบจำลองที่ แสดงออก หมายถึง การเป็นตัวแทนที่บุคคลแสดงออกทางภายนอกซึ่งใช้เพื่อสื่อสารและให้เหตุผล (Buckley and Boulter, 2000)



ที่มา : Buckley และ Boulter (2000)

ภาพประกอบ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันของแบบจำลองทางความคิด แบบจำลองที่แสดงออก และปรากฏการณ์

จากแผนภาพแบบจำลองทางความคิดที่ใช้เพื่อทำความเข้าใจและสร้างแบบจำลองที่แสดงออก เกิดจากการแสดงความคิดของบคุคลที่มีต่อปรากฏการณ์ และส่งผลต่อแบบจำลองทางความคิด แบบจำลองที่แสดงออกจะแสดงการเป็นตัวแทนของลักษณะปรากฏการณ์ที่บุคคลเลือกมาและเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดของบุคคลนั้น (Buckley and Boulter, 2000) เมื่อแบบจำลองที่แสดงออกได้รับการยอมรับจากสังคมผ่านการทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญหรือนักวิทยาศาสตร์แบบจำลองนั้นจึงกลายเป็น แบบจำลองที่เป็นมติ (Consensus Models) และหากแบบจำลองนี้ยังคงใช้อยู่ในบริบททางวิทยาศาสตร์จะมีชื่อเรียกว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Models) (Coll, France and Taylor 2005, Gilbert, Boulter and Elmer, 2000)

จากความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองทางความคิด แบบจำลองที่แสดงออกและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า แบบจำลอง ทางความคิด (Mental models) หมายถึง การเป็นตัวแทนทางสติปัญญาหรือกระบวนการสร้าง ทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นภายในบุคคล ซึ่งบุคคลจะใช้เพื่อสร้างความเข้าใจ บรรยาย อธิบาย แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Models) บุคคลได้แสดงแบบจำลองทางความคิดนี้ในที่สาธารณะผ่าน การกระทำ พูด เขียน หรือในรูปแบบสัญลักษณ์

แบบจำลองทางความคิดมีความแตกต่างจากแบบจำลองที่แสดงออก กล่าวคือ แบบจำลองที่แสดงออก หมายถึง การเป็นตัวแทนที่บุคคลแสดงออกทางภายนอกซึ่งใช้เพื่อสื่อสารและให้เหตุผล

10. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning)

การจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนอง ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งนักการศึกษาหลายคนได้สงรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

Gobert และ Bucky (2002) ได้เสนอรูปแบบกาจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมี 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูประเมินและทบทวนแนวคิดเดิมของนักเรียนเพื่อเป็นข้อมูลนำไปจัดการเรียนรู้ให้มีความเชื่อมโยงกับแนวคิดของนักเรียน แต่เนื่องจากการประเมินแบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่อยู่ภายในสมองของนักเรียน ส่งผลให้ครูไม่สามารถเข้าถึงได้ ดังนั้น ครูต้องทำการสรุปแนวความคิดของนักเรียนโดยองอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุและผลที่นักเรียนอธิบายมา

ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น แล้วเขียนเป็นแผนผังแนวคิดโดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นไปคลองและประเมินกับสถานการณ์ที่กำหนดให้อีกสถานการณ์หนึ่งในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่า แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่เพียงพอ ดังนั้น นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง นำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

อารยา ควัฒน์กุล (2555) ได้เสนอแบบจำลองในการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ครูใช้สื่อ การซักถามเป็นตัวดำเนินเรื่องเข้าสู่บทเรียน เพื่อสร้างความสนใจหลังจากนั้นให้ปัญหาที่ต้องการให้เด็กได้เรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนคิดวางแผนอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ความรู้ที่ตนองมีออกแบบและสงแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

ขั้นตอนที่ 2 ชั้นสำรวจและประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบจำลองด้วยคำพูด ครูมีหน้าที่พิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียนที่สื่อออกมา และอธิบายความรู้พื้นฐานให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบแบบจำลองของตนเองหากมีมโนทัศน์ไม่ถูกต้องให้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองนั้นให้มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 3 ขยายแบบจำลอง นำความรู้ที่ได้เรียนรู้มาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม โดยต้องสร้างแบบจำลวงเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูกระตุ้นนักเรียนให้สร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูจะล้วงความรู้เดิมของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ หลังจากนั้น ครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยสอนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ เช่นการให้นักเรียนสังเกตการณ์ต้มน้ำร้อนทำให้ฝากาน้ำขยับขึ้น แล้วให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองทำไมถึงเป็นเช่นนั้น

ขั้นที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นที่จะประเมินแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างไว้ในขั้นตอนที่ 2 โดยทำการประเมินว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน เช่น การทดลองศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และครูกับนักเรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบาด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) นำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการอื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่โดยมีขั้นตอนของแบบจำลอง

Schwarz และคณะ (2009) ได้เสนอกรจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena) เป็นการทำให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐาน โดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) สร้างแบบจำลองเริ่มต้นตามความคิดหรือข้อสมมติฐาน และอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองกับเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model) ค้นคว้าข้อมูลชิงประจักษ์เพื่อทำนายและอธิบายโดยใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) เป็นขั้นที่นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ค้นคว้ามา หลังจากนั้น อภิปรายผลเพื่อประเมิน และปรับปรุงแห้ไขแบบจำลองในขั้นถัดไป

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่นๆ (Test the model against other ideas) เป็นการนำแบบจำลองไปทดสอบกับทฤษฎีอื่น หรือกฎอื่นๆ

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model) แก้ไขแบบจำลองบนพื้นฐานประจักษ์พยาน และเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น ๆ และทำเป็นแบบจำลองมิติของกลุ่มหรือของคนส่วนใหญ่

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นใช้แบบจำลวงทำนายและอธิบาย(Use the model to predict or explain) เป็นขั้นตอนที่ใช้แบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแกไขแล้วมาทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติและสร้างแบบจำลองออกมาด้วยตนเองจนกระทั้งได้แบจำตองที่สมบูรณ์และถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งกว่าที่จะได้แบบจำลองที่สมบูรณ์นั้นนักเรียนจะต้องผ่านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฝานการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ประเมินค่า เปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ลอดจนปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์และสามารถนำไปอธิบายกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Schwarz และคณะ (2009) ร่วมกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) เนื่องจากมีความชัดเจนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และมีความเหมาะสมกับพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะแสดงความสามารถต่าง ๆ โดยรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) เป็นการทำให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐานโดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง นักเรียนจะได้ศึกษาสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวันหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (การทดลอง) โดยรูปแบบบริบทจะอ้างอิงตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ปี ค. ศ. 2015 หลังจากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษา เข้าสู่สถานการณ์ที่เผชิญเพื่อสร้างแบบจำลองในขั้นถัดไป ในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้นักเรียนจะเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5–6 คน (Kyza and others, 2011)

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) หมายถึง ครูกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ เช่น การให้นักเรียนสังเกตการณ์ต้มน้ำร้อน ทำให้ฝากาน้ำขยับขึ้น แล้วให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น หลังจากนั้น ครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยสอนโดยสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูจะล้วงความรู้เดิมของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

ขั้นที่ 3 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นที่จะประเมินแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างไว้ในขั้นตอนที่ 2 โดยทำการประเมินว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน เช่น การทดลองศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และครูกับนักเรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือ กฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) นำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการอื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้น หรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่โดยมีขั้นตอนของแบบจำลอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557)

11. แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน (Learning Performance) เนื่องจากภาระงานของ

นักเรียนเป็นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติและผลงาน ทำให้วิธีการประเมิน งานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติงานจัดเป็นการประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ (1) ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ (Performance Task) คือ กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ ความรู้และทักษะ โดยอาจประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นและ/หรือกระบวนการที่นักเรียนใช้ สร้างผลงานจนสำเร็จ (2) เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน (Nitko and Brookhart, 2007 ; สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552)

การวัดและประเมินการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทดสอบด้วยแบบวัดและประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. แบบวัด (Test) มีลักษณะเป็นการกำหนดข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ที่มีข้อมูลประกอบ ลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบให้เติมคำตอบโดยการวาดแบบจำลองและอธิบายคำตอบหรือการจับคู่แบบถูกผิด

2. เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) มีลักษณะเป็นเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์แบบแยกแยะประเด็น (Analytical Rubrics) ซึ่งใช้ประเมินคุณภาพแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ Schwarz และคณะ (2009)

ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้น จะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละคน วิธีการหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การค้นคว้าทดลอง ในขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาความคิด เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐานและทำการทดลอง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมี ระบบนี้เรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542)

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ภาณุเดช หงษาวงศ์ (2540) กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทักษะทางการปฏิบัติควบคู่ไปกับทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะแสวงหาความรู้และแก้ปัญหา

วรรณทิพา รอดแรงค้า และคณะ (2542) กล่าวสรุปไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญาหรือทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2553) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการคิดซึ่งเป็นทักษะทางปัญญาเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งแห้ปัญหาเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งแก้ปัญหา

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออก อันเป็นผลมาจากปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบระเบียบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างคล่องแคล่วและชำนาญ

2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มีผู้จำแนกไว้ดังนี้ Klopfer (1971) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นทักษะที่ใช้ในการสืบสวนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะที่สำคัญ คือ

1. การสังเกตและการวัดเป็นขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

2. การมองเห็นปัญหาและแนวทางในการหาคำตอบ ซึ่งได้แก่ การตั้งสมมติฐานการวางแผนการทดลองและการทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐาน

3. การแปรผลจากข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองหาความสัมพันธ์และการหาความหมายเพื่อสรุปเป็นความจริง หลักการ กฎ และความคิดรวบยอด

4. การสร้างทฤษฎี การตรวจสอบ และการปรับปรุงแก้ไขทฤษฎีที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือสาเหตุของปัญหาที่พบการสร้างทฤษฎีนี้จัดได้ว่าเป็นจุดมุ่งหมายสูงสุดของการค้นคว้า (Kuslan and Stone, 1968)

สรุปว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยทักษะต่าง ๆ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต

2. ทักษะการวัด

3. ทักษะการทดลอง

4. ทักษะการบรรยาย

5. ทักษะการลงข้อสรุปโดยทั่วไป

6. ทักษะการคิดหาเหตุผลเชิงอุปมาน

Garland และคณะ (1973) แบ่งได้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 9 ทักษะ คือ

1. การสังเกต หมายถึง การรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการนำข้อมูลที่ได้รับมานำเสนอ

2. การจัดกระทำข้อมูล หมายถึง การรายงานการบันทึก การวิเคราะห์และการนำเสนอข้อมูลที่ได้มาด้วยตนเองหรือกลุ่มหรือชั้น

3. การพยากรและการสมมุติฐาน หมายถึง แนวคิดที่จะนำไปสู่สมมุติฐานและวิธีการที่จะทดสอบสมมุติฐานนั้น

4. การจำแนกประเภท หมายถึง การจัดกลุ่มโดยดูความแตกต่างและความคล้ายคลึงซึ่งรวมไปถึงการพิจารณาถึงคุณสมบัติที่สิ่งนั้นมีอยู่ด้วย

5. การบ่งชี้ หมายถึง ความสามารถในการบอกสมาชิกในกลุ่มได้ โดยดูจากสมบัติและลักษณะที่ผิดไปจากกลุ่ม

6. การวัด หมายถึง ความสามารถในการบอกปริมาตรที่แน่นอนและถูกต้องโดยใช้ระบบการวัดที่เป็นมาตรฐาน สามารถบอกได้ว่าอะไรที่มากกว่าหรือน้อยกว่า นอกจากนี้ยังรวมถึงการเลือกหน่วยที่เหมาะในการวัดและปริมาตรที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลอง

7. การพัฒนาเทคนิควิธีการปฏิบัติในห้องทดลอง หมายถึง ความสามารถในการสร้างและใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์อย่างง่าย ๆ และรู้จักเก็บรักษาเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง

8. การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบพิจารณารายละเอียดของปัญหาหรือแนวคิดหรือมโนและการรวมถึงการนำข้อมูลย่อยมาพิจารณารวมกันเพื่อนำไปสู่หลักเกณฑ์ต่าง ๆ

9. การสื่อความหมาย หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติร่วมกับผู้อื่นเพื่อที่จะแสดงออกถึงความรู้สึกนึกคิดทั้งทางด้านนามธรรมและรูปธรรม

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science-AAAS) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542)

1. ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic science Process Skills) มี 8 ทักษะ

1.1 ทักษะการสังเกต

1.2 ทักษะการวัด

1.3 ทักษะการคำนวณ

1.4 ทักษะการจำแนกประเภท

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

1.8 ทักษะการพยากรณ์

2. ทักษะขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ (Integrated science Process skills) มี 5 ทักษะ ดังนี้

2.1 ทักษะกรตั้งสมมติฐาน

2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.4 ทักษะการทดลอง

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงสรุป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) ได้พิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกัน เพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แล้วมีความเห็นว่าจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกฝังให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้จำแนกและกำหนดความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะดังนี้ (วรรณทิพา รอดแรงค้า และคณะ, 2542 ; ภพ เลาหไพบูลย์, 2542 และสุวัฒน์ ทับทิมเจือ, 2549)

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

1.2 บรรยายสมบัติเชิงประมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายความเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดและหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสม โดยมีส่วนกำกับเสมอ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีการและใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาณ น้ำหนัก และอื่น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนับตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักวิทยาศาสตร์ เพราะในการทดลองหรือการค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ จะมีการให้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

3.1 การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

3.2 ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้

3.3 บอกวิธีคำนวณได้ถูกต้อง

3.4 คิดคำนวณได้ถูกต้อง

3.5 แสดงวิธีคำนวณได้

4. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การจำแนก การจำกัดพวกวัสดุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยมีกฎเกณฑ์ในการจำแนกหรือจำพวก เกณฑ์ที่ใช้อาจพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน ความแตกต่างกันหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ เกณฑ์อาจทำได้โดยการกำหนดขึ้นเองหรือผู้อื่นกำหนดให้ การจำแนกประเภทอาจทำได้หลายรูปแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถแสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

4.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

4.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

4.3 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือบอกพวกได้

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา สเปสของวัตถุหมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูงความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

5.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

5.2 วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

5.3 บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้

5.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ เช่น ระบุรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรอบรูป 2 มิติ ได้แก่ เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่จะเกิดขึ้น (3 มิติ) ออกเป็น 2 ส่วน

5.5 บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุได้

5.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ตำแหน่งหรือทิศทางใดของวัตถุหนึ่ง

5.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากกฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

5.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

5.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

6. ทักษะการจักกระทำหรือสื่อความหมายข้อมูลทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมาย โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ วงจร เขียนหรือบรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

6.3 ออกแบบและเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยข้อความที่เหมาะสมกะทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของภาพจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล ในการอธิบายหรือสรุปโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การทำนายหรือคาดคะเนคำตอบโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ซ้ำ ๆ ในเรื่องนั้น ๆ หรือข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ หรือจากตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความจริง หลักการ กฎ ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

8.1 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

8.2 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

8.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปหรือการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไร หรือเป็นการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเรื่องนั้น ๆ สมมติฐานสร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สมมุติฐานต้องเป็นสิ่งที่ไม่ทราบหรือมีประสบการณ์มาก่อน หรือไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานตั้งไว้อาจเป็นจริงหรือเท็จก็ได้ ซึ่งจะพบภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

9.1 การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยความรู้ประสบการณ์เดิม

9.2 การคิดหาคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตาม

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้โดยให้อธิบายเกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองนั้น ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนั้นแล้ว คือ การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะบ่งชี้ตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตามและตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุม ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปด้วยตัวแปรควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กันด้วย มิเช่นนั้นอาจให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ด้วยความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลอง ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้น คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือการทดลองจริง ๆ เพื่อกำหนดสิ่งต่าง ๆ การออกแบบการทดลองจะต้องสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลองเป็นการนำอาทักษะกระบวนการหลาย ๆ อย่างมาใช้เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรมหลักอยู่ 3 ขั้นตอน คือ ได้แก่

12.1.1 วิธีทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

12.1.2 อุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการทดลองจริง

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดอื่น ๆ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

12.3.1 การออกแบบการทดลอง โดยกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วยและระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

12.3.2 ระบุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง

12.3.3 ปฏิบัติการทดลองได้และอุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

12.3.4 บันทึกผลการทดลองคล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลลงข้อสรุป หมายถึง การแปรความหมายหรือบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

13.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ การตีความหมายของข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ

13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้อาศัยกรอบความคิดของสมาคมอเมริกันส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยายเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งเหมาะสมกับบริบท เนื้อหาสาระและระดับชั้นของนักเรียน

14. ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นความสามารถของบุคคลในการใช้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำงานอย่างประสานสัมพันธ์กันในการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ รูปภาพ แผนผัง ภาพเคลื่อนไหว วัตถุสิ่งของ รวมถึงการนำเสนอข้อมูลแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบ

ต่าง ๆ นำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อน (Complex overt Response) และการดัดแปลง (Adaptation) ได้ กระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 3 ประการ ได้แก่

14.1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) หมายถึง นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุที่เป็น 3 มิติ คงทนแบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกัน แบบตำแหน่งต่อตำแหน่งและเน้นที่ลักษณะสำคัญ มักทำจากวัสดุ (Schwarz and others, 2009)

14.2 การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) หมายถึง นักเรียนสามารถวาดภาพ สื่อสารออกเป็นภาษา สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ เพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ (ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555)

14.3 การนำเสนอ (Presentation Model) หมายถึง นักเรียนได้ออกมานำเสนอ แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นการสะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนและร่วมกันพิจารณาความถูกต้องของมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พร้อมทั้ง ในการเปรียบเทียบและสร้างความแตกต่างของแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเดียวกัน (Nicolaou and others, 2007)

3. การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอแนะแนวการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ, 2539) ดังนี้

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม หมายถึง การแจกแจงให้ชัดเจนโดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจกแจงให้เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีสถานการณ์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวัง เกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นในบทหนึ่ง ๆ ควรกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใด เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ทักษะนั้นและเนื้อหานั้นควรกำหนดในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรม หมายถึง ทักษะซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าใด อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังทราบต่อไปว่า ข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

4. การเลือกแนวทางการออกข้อสอบควรถือหลักว่า ควรใช้การสอบแบบใด จึงจะสามารถวัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด ตลอดทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลาและง่ายต่อการปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่สำคัญที่มุ่งให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น โดยปฏิบัติตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างคล่องแคล่วและชำนาญ ดังนั้นในการสอนจึงต้องปลูกฝังให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า แนวการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม 2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด 3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมและ 4. การเลือกแนวทางการออกข้อสอบ

บริบทโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

1. ประวัติโรงเรียน

เมื่อวันที่ 26 กันยายน 2502 ได้มีการประชุมศึกษาธิการจังหวัดร้อยเอ็ดในภาคการศึกษา 10 ณ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อพิจารณาเกี่ยวกับการที่จะพัฒนาการศึกษาในภาคนี้ โดย นายอภัย จันทรมล อธิบดีกรมสามัญศึกษา ได้มาเป็นประธานที่ประชุม นายน้อม วนะรมย์ ศึกษาธิการจังหวัดร้อยเอ็ดขณะนั้นได้เสนอตั้งโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ขึ้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยเหลือสงเคราะห์เด็กในครอบครัวที่ยากจน มีอุปสรรคในการเรียน โดยอ้างเหตุผลว่า จังหวัดร้อยเอ็ดเป็นจังหวัดที่แห้งแล้งกันดารขาดความอุดมสมบูรณ์และประกอบกับประชากรมีฐานะยากจนและได้นำเรื่องเสนอ นายสมาส อามาตยกุล ผู้ว่าราชการจังหวัดร้อยเอ็ด เพื่อจัดหาที่ดินสำหรับสร้างโรงเรียนและได้รับอนุมัติให้ใช้ที่สาธารณประโยชน์ ดงแดง อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นที่ปลูกสร้างและดำเนินการของโรงเรียนมีพื้นที่ 400 ไร่ ปัจจุบันเหลือเพียง 141 ไร่ โดยแบ่งพื้นที่เพื่อก่อสร้างมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และเริ่มก่อสร้างโรงเรียนแห่งนี้ขึ้นในปี พ.ศ. 2505 โดยมีผู้บริหารคนแรก คือ นายชมัด โคตรุฉิน เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2505 โรงเรียนแห่งนี้รับเปิดการสอนเป็นครั้งแรก โดยมีนักเรียนจากจังหวัดต่าง ๆ ในเขตการศึกษา 10 เข้าเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ปัจจุบันสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 และเปิดรับนักเรียนเฉพาะในเขตพื้นที่บริการ ดังนี้ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดกาฬสินธุ์และจังหวัดนครพนม ประวัติด้านการศึกษา ปีการศึกษา 2505 เปิดสอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด, 2561)

- คำขวัญของโรงเรียน กุลบุตร กุลธิดาของท่าน คือ บุตรหลานของเรา
- ปรัชญาของโรงเรียน “เก่งเรียน เก่งงาน บริการสังคม อุดมคุณธรรม”
- คติพจน์โรงเรียน “ปัญญาว ทเนน เสยโย : ปัญญาประเสริฐกว่าทรัพย์”
- สีประจำโรงเรียน “เหลือง–ดำ”

สีเหลือง หมายถึง สัญลักษณ์ของความศรัทธา เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่

สีดำ หมายถึง สัญลักษณ์ของความอดทน พยายามดิ้นรนต่อสู้กับความทุกข์ยากของชีวิต

- อักษรย่อ ศส.ธ.

2. กลยุทธ์ของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

2.1 พัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพ เหมาะสมกับอัตลักษณ์แห่งตนด้วยระบบข้อมูลสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ

2.2 พัฒนาหลักสูตร และการจัดการเรียนรู้อย่างหลากหลาย ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.3 พัฒนาผู้บริหาร ครู และบุคลากรทางการศึกษา ให้สามารถจัดการศึกษาสำหรับเด็กด้อยโอกาสได้อย่างมีคุณภาพ

2.4 พัฒนาระบบการบริหารและกลไกในการจัดการศึกษาสำหรับเด็กด้อยโอกาสโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่ายตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด, 2561)

3. วิสัยทัศน์ของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

ภายในปี 2564 นักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี เป็นผู้มีความรู้ มีคุณธรรม จริยธรรม อ่านออกเขียนได้ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปประกอบอาชีพตามแนวทางของโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยชุมชนมีส่วนร่วม” (โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด, 2561)

4. พันธกิจ

4.1 จัดการศึกษาขั้นพื้นฐานให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและชุมชน โดยเน้นทักษะการคิด การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การอ่านออกเขียนได้ และส่งเสริมความเป็นเลิศด้านวิชาการ ศิลปะ ดนตรี ตามแนวทางของโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

4.2 พัฒนาระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนประจำ สนับสนุนและส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านการปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรม สิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

4.3 ส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพอย่างเป็นรูปธรรม

4.4 ผู้ปกครอง ชุมชน และองค์กรอื่นๆ เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาในโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์

4.5 ครู-บุคลากรได้รับการพัฒนาตามมาตรฐานวิชาชีพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด, 2561)

วิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

สุวิมล ว่องวาณิช (2544) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) หมายถึง กระบวนการที่ผู้วิจัยได้เลือกกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่เห็นว่าดี เหมาะสม ตามความรู้ความเข้าใจของผู้วิจัยมาดำเนินการปฏิบัติเพื่อทดลองว่าใช้ได้หรือไม่ ประเมินดูตามความเหมาะสมในความเป็นจริง ควบคุมแนวทางปฏิบัติการแล้วนำผลมาปรับปรุงปฏิบัติการเพื่อนำไปทดลองใหม่จนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจนำไปใช้และเผยแพร่ได้ การวิจัยชนิดนี้เอื้อต่อการเปลี่ยนแผนการดำเนินงานเมื่อผู้วิจัยได้ข้อมูลใหม่เพิ่มขึ้น ทำให้รูปแบบวิจัยยืดหยุ่นได้ การวิจัยปฏิบัติการอาจจะเป็นแบบมีส่วนร่วมหรือไม่ก็ได้ นอกจากนี้การวิจัยปฏิบัติการยังเป็นกระบวนการเสริมพลังอำนาจครูในการกำหนดสิ่งที่ดีที่สุดสำหรับครูภายใต้ระบบและกลไกต่าง ๆ ที่มีอยู่ เป็นการพัฒนาการศึกษาระยะยาว เป็นการพัฒนาบุคลากรครูในโรงเรียนอย่างต่อเนื่องโดยการเรียนรู้ด้วยตนเองของครูและผู้อื่นร่วมกัน

นงค์ลักษณ์ วิรัชชัย (2545) สรุปว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นกระบวนการที่ผู้ประกอบวิชาชีพดำเนินการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานของตนเพื่อพัฒนาผลการปฏิบัติงานของตนให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้นกว่าเดิม

ประวิต เอราวรรณ์ (2545) สรุปว่า การวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง กระบวนการศึกษาค้นคว้าร่วมกันอย่างเป็นระบบของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน เพื่อทำความเข้าใจต่อปัญหาหรือข้อสงสัยที่กำลังเผชิญอยู่และให้ได้แนวทางการปฏิบัติหรือวิธีการแก้ไขปรับปรุงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในการปฏิบัติงาน ถ้ากล่าวในบริบทของโรงเรียนก็คือการวิจัยที่เกิดขึ้นในโรงเรียนและชั้นเรียนโดยที่ครูพยายามปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของตนเองจากการส่องสะท้อนตนเอง การหาข้อสรุปเพื่อแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ รวมทั้งการใช้ความเข้าใจและมโนทัศน์ของตนเองมากกว่าของผู้เชี่ยวชาญ การวิจัยปฏิบัติการจึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องได้ใช้ความสามารถควบคุมสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ด้วยตัวเอง

นุชวนา เหลืองอังกูร (2551) สรุปว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่เน้นการพัฒนาหรือแก้ปัญหา โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของทีมผู้ร่วมวิจัยมีวงจรการพัฒนาต่อเนื่องเพื่อให้ผลการปฏิบัติงานของตนมีประสิทธิภาพดีขึ้นหรือสามารถแก้ปัญหาได้

Johnson และ Kromann-Kelly (1995) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และตีความหมายโดยมีแผนงานกำหนดและแลกเปลี่ยนผลกับเพื่อนร่วมวิชาชีพ กระบวนการวิจัยปฏิบัติการต้องตอบคำถาม 5 ข้อ ดังต่อไปนี้ 1. คำถามที่ต้องการศึกษาคืออะไร 2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องมีอะไรบ้าง 3. ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บคืออะไร 4. จะวิเคราะห์ข้อมูลอย่างไรและ 5. จะแปลความหมายนั้นว่าอย่างไร การตอบคำถามเหล่านี้ต้องใช้เวลาวางแผนและในทุกขั้นตอนต้องอภิปรายกับเพื่อนร่วมงาน

Zuber-Skerritt (1996) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนการทำงานเป็นวงจรต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การวางแผนกลยุทธ์ 2. การปฏิบัติ (นำแผนไปปฏิบัติ) 3. การสังเกต (โดยมีการประเมินตนเอง) และ 4. การสะท้อนผลเชิงวิพากษ์จากตนเองและเพื่อนร่วมงานในผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-3 จากนั้น มีการทำงานในวงจรรอบที่ 2 โดยมีการปรับแผนการทำงาน แล้วนำไปปฏิบัติ ทำการสังเกตผล ที่เกิดขึ้นและสะท้อนผลเพื่อปรับปรุงต่อไป

Dick (1993) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ ประกอบด้วยวิธีวิทยาการการวิจัยที่ทำให้เกิดผลของการปฏิบัติ และผลของการวิจัย ในเวลาเดียวกัน โดยมีขั้นตอนการวิจัยที่เป็นวงจรต่อเนื่อง ประกอบด้วยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นข้อความที่เป็นภาษามากกว่าตัวเลข นอกจากนี้ยังมีการสะท้อนผลซึ่งครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นกระบวนการและผลลัพธ์ การวิจัยปฏิบัติการจึงเป็นกระบวนการที่มีความยืดหยุ่น ตอบสนองต่อความต้องการจำเป็นที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้ Dick มีความเห็นว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่มีการสร้างสมมติฐานการวิจัยจากข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างการทำวิจัยและสามารถใช้กระบวนการดังกล่าวเป็นเครื่องมือสำหรับการวิจัยนำร่อง การนำไปใช้เป็นเครื่องมือวินิจฉัย จุดบกพร่องต่าง ๆ หรือใช้เพื่อการประเมินผล อย่างไรก็ตาม Dick เห็นว่าการมีส่วนร่วมไม่จำเป็นต้องมี ตลอดการวิจัยอาจให้ผู้อื่นมีส่วนร่วมเพียงแค่ผู้ให้ข้อมูล ลักษณะสำคัญของการวิจัยปฏิบัติตามความคิดของ Dick ต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ ตอบสนองต่อปัญหาที่เกิดขึ้นและใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ สรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) หมายถึง การพัฒนาสภาพการณ์ของสิ่งที่ศึกษาร่วมกันอย่างเป็นระบบ พัฒนาผลการปฏิบัติงานของตนโดยเป็นวงจรต่อเนื่อง มีความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการสะท้อนข้อมูลที่ได้อย่างพินิจพิเคราะห์ ผลที่ได้นำไปปรับแผนเข้าสู่วงจรใหม่จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้จริง หรือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยปฏิบัติการ

แนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยปฏิบัติการ (ประวิต เอราวรรณ์, 2545) ได้ยืนยันว่า มีแหล่งที่มาอย่างน้อย 2 แหล่ง

1. เกิดจากการเสนอแนวคิดของ Collier ต่อคณะกรรมการวิชาการของ Indian Affairs ระหว่างปี ค.ศ. 1933-1945 ขณะที่ดำรงตำแหน่งเป็นกรรมาธิการว่าความสำคัญของงานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนในสังคม นอกจากจะเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่องานวิจัยหรือเป้าหมายการวิจัยด้วยแล้ว ผลการวิจัยก็ควรนำไปปฏิบัติได้ โดยอาศัยประสบการณ์ที่ได้รับมาผู้บริหารหน่วยงานและผู้ปฏิบัติงานต้องร่วมกันวิจัยในสิ่งที่เป็นความต้องการในหน่วยงานของตนเองด้วย

2. เกิดจากงานของ Kurt Lewin ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการอยู่ร่วมกันในสังคมโดยอาศัยแนวคิดสำคัญ 2 ประการ คือ การตัดสินใจของกลุ่มและความตั้งใจร่วมกันที่จะทำการปรับปรุงการปฏิบัติงาน ซึ่งแนวคิดเริ่มต้นเกิดจากการพยายามเชื่อมโยงทฤษฎีที่นักวิจัยได้วิจัยไว้ไปสู่การปฏิบัติของผู้ปฏิบัติงานในการแก้ไขปัญหาทางสังคมที่มีความแตกต่างของสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะการแบ่งชนชั้นการมีอคติและการปฏิบัติต่อชนกลุ่มน้อย (Ebbutt, 1983)

แนวคิดของ Lewin เกี่ยวกับการวิจัยปฏิบัติการจากการตีความของ Kemmis มีการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน คือ การวางแผน (planning) การค้นหาความจริง (finding) และการดำเนินการตามแผนงานต่าง ๆ (execution) ในทุกขั้นตอนของการดำเนินงานจะต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้อง โดยเหตุนี้การวิจัยปฏิบัติการจึงมีลักษณะ 3 ประการ คือ การมีส่วนร่วม การเสริมสร้าง ความเป็นประชาธิปไตย และการนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางสังคมศาสตร์และสังคมพร้อม ๆ กัน (Kemmis and McTaggart, 1988 ; Kincheloe, 1991)

แนวคิดการวิจัยปฏิบัติการเกิดขึ้นและเผยแพร่ในอเมริกาในบริบททางสังคมศาสตร์และจิตวิทยาสังคม ประมาณปี ค.ศ. 1933 ต่อมาได้มีการนำแนวคิดของการวิจัยปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้กับวงการอุตสาหกรรมที่สถาบัน Tavistock ที่ประเทศอังกฤษ (Ebbutt, 1983) ในทางการศึกษา Stephen M. Corey จากมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ได้นำการวิจัยปฏิบัติการมาใช้กับการจัดการศึกษาในอเมริกา โดยนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน หลักสูตร และการเรียนการสอนในโรงเรียน (Corey, 1953) ต่อมาได้แพร่หลายเข้าไปในวงการศึกษาของอังกฤษและออสเตรเลียในช่วงทศวรรษ 1970 โดยในอังกฤษได้พยายามส่งเสริมให้ครูทำวิจัยในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เพื่อให้ครูปรับปรุงการเรียน การสอนและเปลี่ยนแปลงบทบาทเรียกว่า ครูนักวิจัย (Teacher as a Researcher) โดยสอนควบคู่ไปกับการทำวิจัยในชั้นเรียน (Elliott, 1987) ในออสเตรเลียได้มีการขยายแนวคิดเรื่องการวิจัยปฏิบัติการอย่างกว้างขวางถึงกับจัดให้การวิจัยปฏิบัติการ เป็นส่วนสำคัญในการปรับปรุงโรงเรียนและการศึกษาของออสเตรเลีย โดยเฉพาะกลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัย Deakin ได้พัฒนากระบวนการวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งประยุกต์แนวคิดพื้นฐานของ Kurt Lewin มาใช้ โดยกำหนดขั้นตอนของการวิจัยในลักษณะ “บันไดเวียน” (Spiral) ประกอบด้วย การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ

(Act) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) (Ebbutt, 1983 ; Kemmis and McTaggart, 1988)

3. จุดมุ่งหมายของการวิจัยปฏิบัติการ

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) กล่าวว่า เพื่อจะปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการปฏิบัติงานประจำให้ดีขึ้น โดยนำเอางานที่ปฏิบัติอยู่มาวิเคราะห์สภาพปัญหาอันเป็นเหตุให้งานนั้นไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นอกจากนั้นต้องใช้แนวคิดทางทฤษฎีและประสบการณ์จากการปฏิบัติงานที่ผ่านมา เสาะหาข้อมูลและวิธีการที่คาดว่าจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ แล้วสะท้อนวิธีการดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ

กิ่งฟ้า สินธุวงศ์ (2544) สรุปว่าจุดมุ่งหมายของการวิจัยปฏิบัติการ คือ การเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาโดยการมีส่วนร่วม มีลักษณะ 3 ประการ คือ

1. การพัฒนาสิ่งที่ปฏิบัติหรือกระทำอยู่
2. การพัฒนาสภาพการณ์หรือสถานการณ์ที่ปฏิบัติอยู่
3. การพัฒนาความรู้ความเข้าใจของการปฏิบัติงานในสถานการณ์นั้น ๆ

ประวิต เอราวรรณ์ (2545) สรุปว่าจุดมุ่งหมายของการวิจัยปฏิบัติการ คือ

1. เพื่อแก้ปัญหา (to Solve Problem)
2. เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงานแบบมืออาชีพ (to Improve Professional Practice)

จากความมุ่งหมาย สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายการวิจัยปฏิบัติการหมายถึง การพัฒนาสภาพการณ์หรือสถานการณ์ที่ปฏิบัติอยู่แก้ปัญหาการปฏิบัติงาน โดยการร่วมมือของทีมผู้ร่วมวิจัยให้การปฏิบัติงานนั้นมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

4. ลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ

McKernan (1996) ได้อธิบายลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการไว้ 10 ประการ โดยอาศัยแนวคิดของ Elliott ดังนี้

1. ปัญหาที่นำมาวิจัยต้องเป็นปัญหาของผู้ปฏิบัติงาน
2. ปัญหานั้นเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้
3. ปัญหานั้นเป็นปัญหาในเชิงปฏิบัติ ไม่ใช่ปัญหาเชิงทฤษฎีหรือเชิงหลักการ
4. มีการเสนอทางออกของปัญหาและปรับเปลี่ยนไปจนกว่าการวิจัยจะเสร็จสิ้น
5. เป้าหมายคือต้องการให้ผู้วิจัยเข้าใจปัญหา
6. ใช้วิธีวิจัยแบบกรณีศึกษา (Case Study) เพื่อบอกเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยและสถานการณ์ปัญหาที่เกาะติดเพื่อศึกษา
7. กรณีศึกษาในที่นี้เป็นการรายงานตามการรับรู้และความเชื่อในสิ่งต่าง ๆ ของครูหรือผู้เรียน ฯลฯ

8. ใช้การบรรยายข้อมูลจากสัญลักษณ์ทางภาษาที่แสดงออกมาในชีวิตประจำวัน

9. กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูลได้อย่างอิสระ

10. เปิดรับหรือรวบรวมข้อมูลได้อย่างอิสระภายในกลุ่มหรือระหว่างการปฏิบัติ

บุญชม ศรีสะอาด (2546) สรุปว่า วิจัยปฏิบัติการมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. มุ่งแก้ปัญหาในการปฏิบัติงานในหน้าที่ในชีวิตประจำวันของครูผู้วิจัยซึ่งจะพบว่าในการปฏิบัติงานมักพบปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ครูจะคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาแล้วนำมาลองปฏิบัติศึกษาผลที่เกิดขึ้นว่าสามารถแก้ปัญหานั้นได้หรือไม่ แก้ได้มากน้อยเพียงใดถึงระดับที่ต้องการหรือไม่ มีเงื่อนไขอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง กรณีที่ยังไม่บรรลุตามที่มุ่งหวังจะทำอย่างไร ลองปรับปรุงในส่วนที่ไม่ค่อยได้ผล เพิ่มวิธีการเทคนิคต่าง ๆ แล้วลองนำไปปฏิบัติใหม่ ตรวจสอบดูผล ฯลฯ

2. มีการลงมือปฏิบัติหรือกระทำ ปรับปรุงให้ดีขึ้นซึ่งอาจสามารถแก้ปัญหานั้นได้ตามที่วางแผนไว้ จะยุติการศึกษาเรื่องนี้หรืออาจต้องทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนพบแนวทางที่ดีตามที่มุ่งหวังไว้ก็ได้

3. ผู้วิจัยอาจทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาของตนเองคนเดียวหรือทำวิจัยร่วมกันหลายคนก็ได้ เช่น ร่วมกับครูคนอื่น นักเรียน ผู้ปกครอง

4. เน้นการวิจัยเฉพาะที่ไม่ได้มุ่งการนำผลการวิจัยมาใช้ในการสรุปอ้างอิง กล่าวคือผู้วิจัยลงมือดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาการปฏิบัติงานของตนไม่ได้มุ่งนำไปใช้ที่อื่น

5. ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยอาจมีการเปลี่ยนแปลงในจุดมุ่งหมายและวิธีการวิจัยเพื่อให้เกิดความเหมาะสมบรรลุเป้าหมายได้ดีขึ้นก็ได้

สุวิมล ว่องวาณิช (2553) กล่าวว่า โดยสรุปการวิจัยปฏิบัติการมีลักษณะที่ให้ข้อสรุปสอดคล้องกัน ดังนี้

ผู้วิจัย คือ ผู้ที่ปฏิบัติงานในหน่วยงาน (ในทางการศึกษา ผู้วิจัย คือ ครู)

สิ่งที่ถูกวิจัย คือ ปฏิบัติการทางการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ การพัฒนาการเรียนการสอน การค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น การพัฒนาวิชาชีพ

วิธีการวิจัย คือ กระบวนการค้นหาข้อความรู้ที่มีขั้นตอนหลักสำคัญ คือการวิจัยและการปฏิบัติ

จากลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ สรุปได้ว่า ลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง การสะท้อนกลับผลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของตนเองและผลที่เกิดขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เพื่อนร่วมงานมีส่วนในการวิพากษ์วิจารณ์การปฏิบัติงานและผลที่ได้รับกระบวนการที่มีการดำเนินงานเป็นวงจร ต่อเนื่องและทำเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานผลที่ได้จากการวิจัยนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงาน

5. ประเภทของการวิจัยปฏิบัติการ

จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ พบว่า การวิจัยปฏิบัติการที่ใช้ในวงการศึกษาในประเทศต่าง ๆ แบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์การแบ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลาย โดยอาจแบ่งตามหลักการของแต่ละคน ซึ่งจะทำให้เห็นมุมมองในหลายมิติเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยปฏิบัติการมากขึ้น ดังต่อไปนี้

McKernan (1996) แบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่อาศัยกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นวิธีวิจัยหรือวิธีแก้ปัญหา เช่น

1.1 รูปแบบวิจัยปฏิบัติการของ Kert Lewin ที่มีขั้นตอน คือ การวางแผน (Planning) การค้นหาความจริง (Fact-finding) การดำเนินการ (Execution) และการวิเคราะห์ผล (Analysis)

1.2 รูปแบบการวิจัยของ Taba–Noel Hilda Taba ซึ่งเป็นนักทฤษฎีหลักสูตรได้ประยุกต์วิธีการของ Dewey ที่มี 5 ขั้นตอน มาใช้ในกระบวนการพัฒนาหลักสูตร โดยแยกเป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) ระบุปัญหา 2) วิเคราะห์ปัญหา 3) กำหนดแนวคิดหรือสมมุติฐาน 4) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 5) ปฏิบัติหรือดำเนินการ 6) ประเมินผลการปฏิบัติ

1.3 รูปแบบการวิจัยของ Lippitt-Radke มีกระบวนการ ดังนี้ 1. เริ่มต้นจากกลุ่มที่มีความต้องการที่จะค้นหาความรู้ความจริง 2. ร่วมกันกำหนดว่า “อะไรคือสิ่งที่กลุ่มอยากรู้” 3. สร้างเครื่องมือวิจัยที่เป็นวิทยาศาสตร์ขึ้นมา 4. กำหนดกลุ่มเป้าหมายและทดลองใช้เครื่องมือ 5. รวบรวมข้อมูลโดยมีการร่วมกันกำกับติดตามอย่างใกล้ชิด 6. รวบรวมข้อมูลด้านทัศนคติที่เปลี่ยนแปลง ไปของผู้เกี่ยวข้อง เช่นตั้งคำถามว่า “มองสิ่งต่าง ๆ แตกต่างไปจากเดิมหรือไม่เมื่อรู้ความจริง” 7. ร่วมมือกันค้นหาความจริงและนำเสนอความจริง ซึ่งอาจต้องใช้เทคนิควิจัยเฉพาะและควรแบ่งงานกันอย่างเสมอภาค 8. ในบางครั้งข้อค้นพบที่เกิดขึ้นอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่านิยมหรือการรับรู้ ทางสังคมของกลุ่มหรือคนใดคนหนึ่งซึ่งต้องช่วยกันสำรวจให้พบ 9. เสนอข้อค้นพบให้กลุ่มอื่นรู้โดย การสนทนาหรือเขียนเป็นรายงาน

2. การวิจัยปฏิบัติการเชิงปฏิบัติ (Practical-Deliberative Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจและปรับปรุงพัฒนาวิธีการปฏิบัติงาน ซึ่งรูปแบบนี้จะเน้นให้เกิดการวิจัยขึ้นจากค่านิยมในการปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้เริ่มโครงการและบทบาทของผู้วิจัย คือ การกระตุ้นและช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเข้าใจและทำการปรับปรุงการปฏิบัติงาน เช่น

2.1 รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการของ John Elliott เน้นวิธีการให้ผู้ปฏิบัติงานส่องสะท้อนการพัฒนาตนเอง Elliott เชื่อว่าการวิจัยปฏิบัติการจะนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพชีวิตที่ดีในสถานการณ์ทางสังคม

2.2 รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการของ David Ebbutt ซึ่งเสนอว่า แนวคิดที่ดีที่สุดในการคิดเชิงกระบวนการ คือ ลำดับขั้นตอนตามวงจรแห่งความสำเร็จ ไม่ใช่การดำเนินการแบบเกลียว

3. การวิจัยปฏิบัติการเชิงอิสระ (Emancipatory Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองความต้องการขององค์กร โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจและปรับปรุงการปฏิบัติงาน กลุ่มผู้วิจัยมีอิสระในการเผชิญหน้ากับปัญหาและร่วมมือกันในการแสวงหา วิธีการที่ดีที่จะแก้ไขแล้วส่องสะท้อนตนเองจากผลการปฏิบัติ เช่น รูปแบบการวิจัยของมหาวิทยาลัย Deakin หรือการวิจัยปฏิบัติการตามรูปแบบของ Kemmis และคณะซึ่งมีความคิดว่ากระบวนการวิจัย ปฏิบัติการมีลักษณะเป็นเกลียว (Spiral) ประกอบด้วยการวางแผน การปฏิบัติการสังเกตผลและการสะท้อนผล

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล กล่าวว่า นักวิชาการหลายท่านได้อภิปรายถึงประเภทของวิจัยเชิงปฏิบัติการ อาทิ Crundy, Holter และ Schwartz Barcott, McKerman, McCutcheon และ Jurg ต่างก็ให้แนวคิดเกี่ยวกับวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ยึดเทคนิค (Technical Action Research) โครงการที่ใช้วิธีของวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ยึดเทคนิคนั้น ดำเนินการโดยบุคคลหรือกลุ่มคนที่มีประสบการณ์สูง หรือมีคุณสมบัติที่จัดว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัยเชิงปฏิบัติการทำให้งานที่ปฏิบัติมีทั้งประสิทธิผลและประสิทธิภาพมากขึ้น การปฏิบัติมุ่งโดยตรงไปที่ผลการวิจัย แต่ในขณะเดียวกันผู้ปฏิบัติการวิจัยเองเป็น ผู้ส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมแบบเป็นกันเองในกระบวนการของการปรับปรุงการวิจัยแบบนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมของการทำนายความรู้ความสำคัญอยู่ที่การตรวจสอบความตรงและการทำให้ทฤษฎีที่มีอยู่ละเอียดมากขึ้น และให้ความสำคัญของการพิจารณาจากทฤษฎีนำไปสู่เรื่องเฉพาะของการปฏิบัติงาน พูดง่าย ๆ คือ นำทฤษฎีสู่การปฏิบัติ

ประเภทที่ 2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เกิดจากประสบการณ์การปฏิบัติ (Practical Action Research) โครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการประเภทนี้ ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติงานกับผู้เกี่ยวข้องหรือผู้วิจัยกับผู้ปฏิบัติงานช่วยกันกำหนดปัญหาและเป็นเหตุให้เกิดการลองใช้วิธีการต่าง ๆ เข้าไปเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง การกำหนดปัญหาเกิดหลังจากการสนทนาระหว่างผู้วิจัยกับผู้เกี่ยวข้องหรือผู้วิจัยกับผู้ปฏิบัติงานต่างก็เข้าใจกัน การวิจัยเชิงปฏิบัติการประเภทนี้แสวงหาหนทางเพื่อการปรับปรุง การปฏิบัติ โดยใช้สติปัญญาของผู้ร่วมปฏิบัติงานเป็นสำคัญ ทำไปแก้ไขไปแล้วแต่สถานการณ์ เป้าหมาย สำคัญของนักวิจัยแบบ Practical Action Research คือ

เข้าใจการปฏิบัติงานและแก้ปัญหาเฉพาะหน้า (McKerman, 1991) วิจัยเชิงปฏิบัติการประเภทนี้ช่วยพัฒนาการทางวิชาชีพ โดยเน้นที่การตัดสินใจของผู้วิจัยเองที่มุ่งเพื่อให้เกิดสิ่งดี ๆ กับงานของตนและผู้เกี่ยวข้อง

ประเภทที่ 3 การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่อิสระปลดปล่อยจากพันธนาการทั้งปวง (Emancipatory Action Research) หรือวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) การวิจัยประเภทนี้ ส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติเป็นไปอย่างอิสรเสรี โดยผู้ปฏิบัติงานทุกคนต่างมีความสามารถ มีจิตสำนึก มีวิจารณญาณส่วนตนในตัวเองที่จะผลักดันให้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง เป้าหมายสำคัญ 2 ประการของวิธีการประเภทนี้ คือ ประการแรก การทำให้เกิดความใกล้เคียงกันมากขึ้นระหว่างปัญหาที่เกิดจริง (กับผู้ปฏิบัติงานในเฉพาะแห่งเฉพาะที่) กับทฤษฎีที่ใช้อธิบายและใช้แก้ปัญหา ประการที่สองซึ่งมีเป้าหมายเหนือกว่าวิจัย 2 ประเภทแรก คือ เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถกำหนดและสามารถดึงฐานเบื้องลึกของปัญหาออกมาได้ โดยใช้ความสามารถรู้คิดที่มีอยู่ในตัวผู้ปฏิบัติงานเอง

พินันทร์ คงคาเพชร (2552) กล่าวว่า นักวิชาการหลายท่าน อาทิ Grundy และ Kemmis (1988), McKernan (1991), Holter และ Schwartz Barcott (1933) ได้อภิปรายถึงประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีแนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นวิธีการ การวิจัยปฏิบัติการในรูปแบบนี้จะดำเนินการโดยบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีประสบการณ์สูงหรือมีความเชี่ยวชาญในศาสตร์แขนงนั้น ๆ โดยมีเป้าประสงค์ เพื่อปรับปรุงประสิทธิผลและประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานซึ่งรูปแบบการวิจัยนี้ครูจะเป็นเพียงผู้ปฏิบัติ และอยู่ภายใต้การควบคุมของนักวิจัยจากภายนอกที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ จึงทำให้ครูไม่ค่อยมีบทบาทในการคิดเท่าที่ควร เพราะถูกวางกรอบความคิดโดยนักวิจัยภายนอก (Cooption) วิธีการวิจัยต่าง ๆ จะเกิดจากนักวิจัยภายนอกเท่านั้น จึงมีการเน้นวิธีการวิจัยที่ตอบคำถามการวิจัยได้ อย่างถูกต้อง รัดกุม การวิจัยประเภทนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมความรู้เพิ่มขึ้น และการให้ความสำคัญกับ การตรวจสอบความตรงและการทำให้ทฤษฎีที่มีอยู่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม ผลที่ตามมา อาจทำให้ข้อค้นพบที่ได้ไม่ได้เกิดจากการปฏิบัติการในสภาพจริงแต่อยู่ในสภาพจัดกระทำ มีการควบคุม สภาพแวดล้อม

2. การวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นการปฏิบัติจริงเป็นการวิจัยที่มีนักวิจัยภายนอกร่วมทำวิจัยในฐานะของที่ปรึกษาด้านกระบวนการทำงาน ซึ่งมีเป้าหมายของการวิจัยคือเพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการทำงาน นอกจากนี้ยังมุ่งสร้างความเข้าใจและพัฒนาวิชาชีพให้กับผู้ปฏิบัติงาน โดยเน้นที่การตัดสินใจของผู้วิจัยเองที่มุ่งเพื่อให้เกิดสิ่งที่ช่วยพัฒนาตนเองและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งรูปแบบการทำวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นปฏิบัติจริงนั้น จะเป็นการทำงานร่วมกัน (Cooperation)

เพื่อกำหนดปัญหา และใช้วิธีการทำวิจัยร่วมกันระหว่างนักวิจัยภายนอกและครู หรือผู้ปฏิบัติงาน โดย มีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งเกิดขึ้นจริง

3. การวิจัยปฏิบัติการแบบเป็นอิสระ การวิจัยประเภทนี้ มีการส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมของนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานจริงอย่างชัดเจน โดยมีเป้าหมายการวิจัยเพิ่มเติมนอกเหนือจากการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและสร้างความเข้าใจให้กับผู้ปฏิบัติงานแล้วนั้น ยังเน้นไปที่การวิจัย เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบการทำงานที่มีอยู่เดิมในองค์กรหรือสถานศึกษาให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย ซึ่งการวิจัยประเภทนี้นั้นทั้งนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานในสถานศึกษาต่างมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็น เสนอแนะการทำวิจัยอย่างเท่าเทียมกัน เป็นลักษณะการทำงานแบบร่วมมือกัน (Collaboration) โดยใช้แนวทางการวิพากษ์เป็นฐาน ไม่มีการยึดติดกับกรอบ

จากประเภทของการการวิจัยปฏิบัติการ สรุปได้ว่า ประเภทของการการวิจัยปฏิบัติการที่ใช้ในวงการศึกษาของประเทศต่าง ๆ แบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์การแบ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลายโดยอาจจะแบ่งตามหลักเกณฑ์ของแต่ละคน ซึ่งทำให้เห็นมุมมองในหลายมิติ เพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยปฏิบัติการ ในการทำวิจัยปฏิบัติการในครั้งนี้ ผู้วิจัยยึดเกณฑ์การแบ่งประเภทการวิจัยของ Mckernan เป็นประเภท การวิจัยปฏิบัติการเชิงปฏิบัติ (Practical-Deliberative Action Research) ซึ่งเป็นการวิจัยปฏิบัติการ ที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจและปรับปรุงพัฒนาวิธีการปฏิบัติงาน ซึ่งรูปแบบนี้จะเน้นให้เกิดการวิจัยขึ้น จากค่านิยมในการปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้เริ่มโครงการและบทบาทของผู้วิจัย คือ การกระตุ้นและช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเข้าใจและทำการปรับปรุงการปฏิบัติงาน

6. รูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยปฏิบัติการ พบว่ามีการจัดประเภทของรูปแบบการทำวิจัยปฏิบัติการไว้หลายรูปแบบ โดยอาจจะแบ่งตามแนวคิดของแต่ละคน เพื่อเป็นแนวทาง ในการทำวิจัยปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้ รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของสุวิมล ว่องวาณิช แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. รูปแบบการวิจัยแบบเป็นทางการ (Formal Research) เป็นงานวิจัยที่มีแบบแผนการวิจัยเคร่งครัด มีลักษณะการดำเนินงานและการนำเสนอเหมือนงานวิจัยเชิงวิชาการ (Academic Research) ของนักวิจัยมืออาชีพ นักวิชาการในมหาวิทยาลัยหรือของนักศึกษาที่ทำวิทยานิพนธ์มีการออกแบบการวิจัยที่รัดกุมเพื่อให้ตอบคำถามวิจัยได้ชัดเจน มีรูปแบบการนำเสนอรายงานผลการวิจัยที่กำหนดชัดเจนส่วนใหญ่จำแนกเนื้อหาสาระออกเป็น 5 บท

2. รูปแบบการวิจัยแบบไม่เป็นทางการ (Informal Research) เป็นงานวิจัยที่ไม่ยึดรูปแบบการวิจัยเคร่งครัดเหมือนการวิจัยเชิงวิชาการ มุ่งเน้นตอบคำถามวิจัยมากกว่าการยึดรูปแบบ

การวิจัยแบบเป็นทางการ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยก็พยายามใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากการเรียนการสอนตามปกติ การนำเสนอผลการวิจัยครอบคลุมเพียงประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยต้องการนำเสนองานวิจัยแบบนี้ บางครั้งพบว่ามีการรายงานผลเพียง 1-2 หน้า (สุวิมล ว่องวาณิช, 2553)

รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ Zuber–Skerritt แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การวิจัยปฏิบัติการเชิงเทคนิค (Technical Action Research) การวิจัยตามประเภทนี้ มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงประสิทธิผลและประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานโดยอาศัยบุคคลภายนอก (Outsiders) มาช่วย ในการทำวิจัยในหน่วยงานผู้ปฏิบัติ (ครู) จะอยู่ภายใต้การควบคุม ของนักวิจัยภายนอก บุคคลภายนอกเล่นบทของผู้วิจัยหลักโดยที่ครูไม่ค่อยมีบทบาทในการนำเสนอ ความคิด วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยมาจากความคิดของนักวิจัยภายนอกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเน้นเทคนิค การทำวิจัยที่ตอบคำถามวิจัยที่รัดกุม ข้อค้นพบที่ได้อาจใช้ไม่ได้กับการปฏิบัติจริง

2. การวิจัยปฏิบัติการเชิงปฏิบัติจริง (Practical Action Research) เป็นการวิจัยที่มีนักวิจัยภายนอกแสดงบทบาทของที่ปรึกษาด้านกระบวนการทำงาน (Process Consultancy Role) มีเป้าหมายของการวิจัยที่มากกว่าแบบแรก คือนอกจากช่วยปรับปรุงประสิทธิผลการทำงานแล้ว ยังมุ่งสร้างความเข้าใจและมุ่งพัฒนาวิชาชีพให้กับผู้ปฏิบัติด้วย ในกระบวนการวิจัยจะส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติ สะท้อนผล คิดวิเคราะห์ พัฒนา ปรับปรุงการทำงานของตนเอง ดังนั้น ครูซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติในโรงเรียนมีโอกาสที่จะเรียนรู้กระบวนการวิจัยและมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดในประเด็นปัญหาวิจัยที่มาจาก การปฏิบัติจริงและสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ได้

3. การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์/อิสระ (Critical/Emancipatory Action Research) เป็นการวิจัยที่มีการทำงานร่วมกันระหว่างนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน เป้าหมายของการวิจัยเพื่อเติมจากการวิจัยปฏิบัติการแบบที่ 1 และ 2 คือนอกจากพัฒนาประสิทธิผลการทำงานการส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในการพัฒนาปรับปรุงการทำงานแก่ผู้ปฏิบัติแล้วยังต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบการทำงานที่เป็นอยู่ในองค์กรให้ดีขึ้นกว่าเดิมแม้จะมีบุคคลภายนอกร่วมด้วย แต่ทุกคนต่างมีสิทธิมีเสียงในการแสดงความคิดเห็นเท่าเทียมกัน โดยไม่มีผู้แสดงบทบาทเป็นที่ปรึกษาการวิจัยเหมือนแบบที่สอง การวิจัยแบบนี้เปิดโอกาสให้เกิดการพัฒนาความสามารถด้านการวิจัยแก่ผู้ปฏิบัติ นักวิจัยจะเป็นอิสระจากความรู้ กฎเกณฑ์และพันธนาการทางความคิดเดิม

รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของ Calhoun แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. การวิจัยของครูแบบทำคนเดียว (Individual Teacher Research) เป็นการวิจัยที่เน้นการเปลี่ยนแปลงในห้องเรียนใดห้องเรียนหนึ่ง โดยครูกำหนดปัญหาในห้องเรียนที่ต้องการแก้ไขและหาแนวทางแก้ไข นักเรียนอาจไม่มีส่วนในการกำหนดทางเลือกต่าง ๆ หากจะมีผู้ปกครองเกี่ยวข้องด้วยในการทำวิจัยก็จะเป็นเพียงผู้ให้ข้อมูลมากกว่า

2. การวิจัยปฏิบัติการแบบร่วมมือ (Collaborative Action Research) เป็นการวิจัยที่ทำเป็นกลุ่มผู้วิจัยมีจำนวน 1-2 คนขึ้นไป ประกอบด้วย ครู ผู้บริหารและนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยหรือบุคลากรอื่น ๆ มีจุดมุ่งหมายเน้นที่การแก้ปัญหาและการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นในห้องเรียนใด ห้องเรียนหนึ่ง กระบวนการทำวิจัยจะเหมือนกับการทำวิจัยของครูที่ทำคนเดียว

3. การวิจัยปฏิบัติการแบบทำทั่วทั้งโรงเรียน (Schoolwide Action Research) เป็นการวิจัยที่คณะทำงานเป็นผู้ปฏิบัติในโรงเรียน โดยเลือกปัญหาวิจัยที่สนใจร่วมกัน รวบรวมข้อมูล จัดระบบและแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากโรงเรียนหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง กระบวนการวิจัยเป็นแบบ วงจรต่อเนื่องที่มีหน้าที่เหมือนการประเมินความก้าวหน้า มีจุดมุ่งหมายเน้นที่การปรับปรุงโรงเรียน ได้แก่ 1) การค้นหาวิธีปรับปรุงโรงเรียนเพื่อแก้ปัญหา 2) พยายามปรับปรุงการทำงานเพื่อให้เกิดความเท่าเทียมกัน แก่นักเรียน 3) เพิ่มขอบข่ายของสาระในการสืบค้นแนวทางการแก้ปัญหา (สุวิมล ว่องวาณิช, 2553)

รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการจากการสังเคราะห์ของ นงค์ลักษณ์ วิรัชชัย (2545) สังเคราะห์จากแนวคิดของ Miller (2000), Freeman (1998), Bennett, Foreman-Pack และ Higgins (1996), Stringer (1966), Robinson (1994) จำแนกรูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เป็นการวิจัยที่ทำโดยครูเพื่อแสวงหาวิธีการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการปฏิบัติงาน หรือการเรียนการสอนในชั้นเรียนของตน

2. การวิจัยแบบรวมพลัง (Collaborative Action Research) เป็นงานวิจัยที่ดำเนินการโดยครูหลายคนร่วมกันทำวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาในชั้นเรียนหลาย ๆ ชั้น หรือแผนกวิชาหรือภาควิชา คณะนักวิจัยเกิดจากการรวมตัวกันของครูที่มีความชำนาญเฉพาะต่างกันมาร่วมมือกันทำวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมายเดียวกัน

3. การวิจัยปฏิบัติการระดับโรงเรียน (School wide Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่ดำเนินงานโดยผู้บริหารโรงเรียนและบุคลากรทางการศึกษาของโรงเรียน อาจรวมหน่วยงาน นอกโรงเรียนด้วย โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาโรงเรียนและสภาพแวดล้อมของโรงเรียน

4. การวิจัยปฏิบัติการอิงชุมชน (Community-based Action Research) เป็นการวิจัยที่อาศัยความร่วมมือระหว่างโรงเรียนกับชุมชน โดยอาศัยพลังของชุมชนที่จะระดมทรัพยากรจากทุกแหล่งมาพัฒนาชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ

จากรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ สรุปได้ว่า รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการที่ใช้ในวงการศึกษาของประเทศต่าง ๆ แบ่งได้หลายประเภท ตามเกณฑ์การแบ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลาย

โดยอาจจะแบ่งตามหลักเกณฑ์ของแต่ละคน ซึ่งทำให้เห็นมุมมองในหลายมิติเพื่อเป็นเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยปฏิบัติการในการทำวิจัยปฏิบัติการ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการจากการสังเคราะห์ของ นงค์ลักษณ์ วิรัชชัย ซึ่งสังเคราะห์ จากแนวคิดของ Miller (2000), Freeman (1998), Bennett, Foreman-Pack และ Higgins (1996), Stringer (1966), Robinson (1994) คือการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งเป็นการวิจัยที่ทำโดยครูเพื่อแสวงหาวิธีการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการปฏิบัติงานหรือการเรียนการสอน ในชั้นเรียนของตน

7. สรุปหลักการจุดเด่นและจุดด้อยของวิจัยปฏิบัติการ

ส. วาสนา ประวาลพฤกษ์ (2538) สรุปจุดเน้นของการวิจัยปฏิบัติการ 17 ประการ

1. การวิจัยปฏิบัติการเป็นวิธีการที่จะปรับปรุงการศึกษาโดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และอาศัยการเรียนรู้จากผลสืบเนื่องของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

2. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ต้องนำตัวเองเข้าไปร่วมในกิจกรรมเป็นการวิจัยที่บุคคลจะต้องดำเนินการเพื่อที่จะปรับปรุงงานที่ตนปฏิบัติอยู่

3. การวิจัยปฏิบัติการดำเนินการผ่านขั้นตอนของการสะท้อนภาพตนเองในลักษณะเกลียวสว่านซึ่งมีวัฏจักรของการวางแผน การดำเนินการ การสังเกตอย่างมีระบบ การสะท้อนข้อมูล และหลังจากนั้นก็ย้อนกลับไปวางแผน การดำเนินการ การสังเกตและการสะท้อนข้อมูลเพื่อวางแผนต่อไปใหม่

4. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการร่วมมือกันทำงานต้องมีความรับผิดชอบในการกระทำเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น ขยายขอบเขตของความร่วมมือระหว่างกลุ่มที่ทำงานด้วยกันโดยตรงไปให้กว้างที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อผลของการปฏิบัติที่จะตามมา

5. การวิจัยปฏิบัติการก่อให้เกิดชุมชนแบบพัฒนาตัวเอง โดยสมาชิกจะร่วมกิจกรรมและให้ความร่วมมือทุกขั้นตอนของกระบวนการวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะสร้างชุมชนให้พึ่งตนเอง มีความรับผิดชอบในการพัฒนาตนเองในด้านความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ การปฏิบัติและผลสืบเนื่องที่ตามมา มีความเป็นอิสระในการที่จะคิดเกี่ยวกับสถาบันและตนเอง เพื่อที่จะสร้างกฎ ระเบียบและคุณค่าทางสังคมของตนเองขึ้น

6. การวิจัยปฏิบัติการเป็นกระบวนการเรียนรู้อย่างมีระบบที่บุคคลปฏิบัติตามเจตนาที่ไตร่ตรองดีแล้ว ซึ่งไม่ใช่การกระทำโดยบังเอิญหรือไม่มีแผนงาน แต่เป็นกระบวนการของการใช้สติปัญญาอย่างรอบคอบ เพื่อที่จะดำเนินการใด ๆ ในการพัฒนาการศึกษาให้เป็นที่ยอมรับโดยผ่านแนวทางของชีวิตที่แน่นอนมีคุณค่าทางการศึกษา

7. การวิจัยปฏิบัติการเกี่ยวข้องกับบุคคลในการสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับการปฏิบัติ สอบถามถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องระหว่างเหตุการณ์ การกระทำและผลสืบเนื่องที่เกิดขึ้นทำให้เข้าใจสภาพความสัมพันธ์ระหว่างการกระทำและผลของการกระทำที่กระทบต่อชีวิตของเขา นั่นคือใช้ผลของการกระทำเป็นแนวทางในการพินิจพิเคราะห์เพื่อพัฒนาการกระทำที่ผ่านกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ

8. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการเปิดให้บุคคลปฏิบัติตามแนวคิดของข้อสมมุติเกี่ยวกับสถาบันที่ไปทดสอบโดยรวบรวมกิจกรรมจากแนวปฏิบัติที่ผ่านมาซึ่งมีความผิดพลาดมาตรวจสอบเพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงานในครั้งต่อไป

9. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการเปิดกว้างในการรวบรวมเหตุการณ์หรือข้อมูลโดยไม่เพียงแต่ เก็บรายละเอียดที่จะอธิบายสิ่งที่จะเกิดขึ้นอย่างชัดเจนถูกต้องที่สุดเท่านั้นแต่จะรวบรวมและวิเคราะห์ ด้วยตนเองพร้อมทั้งการตัดสินใจชี้ขาดปฏิกิริยาโต้ตอบและความประทับใจกับสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นในขณะนั้นด้วย

10. การวิจัยปฏิบัติการเป็นการเก็บเรื่องราวส่วนตัว ซึ่งสามารถบันทึกความก้าวหน้า และสะท้อนความคิดเห็นของเราเกี่ยวกับการเรียนรู้ 2 ชุดคู่ขนานกัน คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติ ที่เรากำลังศึกษาอยู่และการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการของการศึกษา

11. การวิจัยปฏิบัติการเป็นกระบวนการทางการเมืองเพราะเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่จะมีผลต่อผู้อื่น ด้วยเหตุผลนี้การวิจัยปฏิบัติการจะทำให้เกิดการต่อต้านต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งในตัวผู้วิจัยและผู้อื่นอีกด้วย

12. การวิจัยปฏิบัติการเกี่ยวข้องกับคนในการวิเคราะห์ขั้นวิกฤตเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เขาดำเนินการอยู่สภาพการณ์เหล่านี้เป็นระบบของสถาบันหรือแบบของการต่อต้านที่นักวิจัยปฏิบัติการพบก็คือการเปลี่ยนแปลงแนวทางปฏิบัติที่จะเกิดความขัดแย้งระหว่างแนวทางใหม่กับแนวทางเดิมที่ได้รับการยอมรับในสถาบันอยู่แล้วด้วยการวิเคราะห์อย่างวิกฤติ ในสถาบันหนึ่งนั้นนักวิจัยปฏิบัติการสามารถจะเข้าใจถึงรากฐานของการต่อต้านและความขัดแย้งโดยมีการแข่งขันระหว่างการปฏิบัติ แนวคิดด้านการศึกษาและคุณค่า ด้านองค์กรและการตัดสินใจ ซึ่งความเข้าใจนี้จะช่วยให้นักวิจัย ปฏิบัติการสามารถผ่านพ้นอุปสรรคและการต่อต้านนี้ไปได้

13. การวิจัยปฏิบัติการเริ่มต้นด้วยงานเล็ก ๆ โดยการทำงานผ่านกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจจะเป็นเพียงบุคคลเดียวก็สามารถจะลองทำได้และขยายงานต่อไปเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง อาจจะเป็นการวิพากษ์วิจารณ์แนวคิดหรือสถาบัน ซึ่งจะนำไปสู่การปฏิรูปนโยบายหรือแนวปฏิบัติในชั้นเรียน โรงเรียนหรือระบบในวงกว้างออกไป

14. การวิจัยปฏิบัติการเริ่มจากวัฏจักรเล็ก ๆ ของการวางแผนการปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนภาพ ซึ่งจะช่วยให้นิยามประเด็นปัญหา แนวคิดและข้อตกลงเบื้องต้นได้ชัดเจนขึ้น อันจะนำไปสู่การนิยามปัญหาที่มีพลังสูงขึ้นเมื่อการดำเนินงานก้าวหน้าออกไป

15. การวิจัยปฏิบัติการเริ่มจากผู้ทำงานร่วมมือกันในกลุ่มเล็ก ๆ แต่จะกว้างขวางในการปฏิบัติการในชุมชนจนขยายผลของการปฏิบัติออกไป

16. การวิจัยปฏิบัติการจะช่วยให้เราสามารถรวบรวมบันทึกความก้าวหน้าต่าง ๆ เช่น 1) บันทึกเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงด้านกิจกรรมและการปฏิบัติ 2) บันทึกความเปลี่ยนแปลงของสื่อภาษา คำอธิบายและวิจารณญาณเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน 3) บันทึกการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ ทางสังคมและรูปแบบขององค์กรที่อธิบายคุณลักษณะของการปฏิบัติของเรา และ 3) บันทึกพัฒนาการในการรอบรู้เกี่ยวการวิจัยปฏิบัติการของเรา

17. การวิจัยปฏิบัติการทำให้เราให้เหตุผลเกี่ยวกับงานด้านการศึกษาแก่บุคลอื่นได้ โดยสามารถแสดงให้เห็นถึงเหตุการณ์ที่เรานำมาใช้การวิเคราะห์และการตรวจสอบเหตุผลว่าเรากำลังทำอะไร ในการพัฒนาเหตุผลเหล่านี้เราอาจจะขอให้ผู้อื่นพิจารณาการปฏิบัติงานของเขาในแง่ของทฤษฎี และหลักฐานเพื่อการสะท้อนผลการปฏิบัติด้วยตนเองอีกด้วย

Kemmis และ McTaggart (1988) ได้กล่าวถึงหลักการพิจาณากระบวนการวิจัยปฏิบัติการ 4 ประการ ดังนี้ 1) เป็นการปฏิบัติที่ไม่ใช่สิ่งทำตามปกติ แต่ต้องทำเป็นระบบและได้รับความร่วมมือจากกลุ่ม 2) ไม่เป็นเพียงการแก้ปัญหาที่กำลังประสบอยู่เท่านั้น แต่ต้องเกิดมาจากแรงกระตุ้นที่ต้องการปรับปรุง พัฒนางานที่ตนเองปฏิบัติอยู่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 3) ไม่ใช่การปรับปรุงพัฒนางานของผู้อื่น แต่เป็น งานของกลุ่มตนเองที่มีบทบาทหน้าที่อยู่ 4) การวิจัยปฏิบัติการไม่ใช่วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่จะมอง ในแง่การทดสอบสมมุติฐานเพื่ออธิบายสภาพการณ์อย่างเดียว แต่ต้องเป็นระบบที่หมุนวนไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งตัวนักวิจัย และสถานการณ์แวดล้อม

McKernan (1996) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการมีหลักการสำคัญอยู่ 16 ประการ ดังนี้ 1. เพิ่มพูนความเข้าใจในปัญหาต่าง ๆ 2. มุ่งปรับปรุงการปฏิบัติตนและการปฏิบัติงานของบุคคล 3. เน้นที่ปัญหาเร่งด่วนของผู้ปฏิบัติงาน 4. ให้ความสำคัญต่อการร่วมมือกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง 5. ดำเนินการวิจัยภายใต้สถานการณ์ที่กำลังเป็นปัญหา 6. ผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมอย่างเป็นธรรมชาติ 7. เน้นการศึกษาเฉพาะกรณีหรือศึกษาเพียงหน่วยเดียว 8. ไม่มีการควบคุมหรือจัดกระทำต่อตัวแปร 9. ปัญหา วัตถุประสงค์และระเบียบวิธีมีลักษณะเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ความจริง 10. มีการประเมินหรือส่องสะท้อนผลที่เกิดขึ้นเพื่อทบทวน 11. ระเบียบวิธีวิจัยมีลักษณะเป็นนวัตกรรม สามารถคิดขึ้นมาใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาได้ 12. กระบวนการศึกษามีความเป็นระบบหรือเป็นวิทยาศาสตร์ 13. มีการแลกเปลี่ยนผลวิจัยและมีการนำไปใช้จริง 14. ใช้วิธีการแบบบรรยาย

ข้อมูลหรือการอภิปรายร่วมกันอย่างเป็นธรรมชาติ 15. คิดวิเคราะห์ อย่างมีเหตุผล ซึ่งต้องมาจากการทำความเข้าใจ การตีความหมายและการคิดอย่างอิสระ 16. เป็นการวิจัยที่ปลดปล่อยความคิดอย่างอิสระและเป็นการเสริมสร้างพลังร่วมในการทำงาน (Empowerment) ให้ผู้เกี่ยวข้อง

จุดเด่นและจุดด้อยของวิจัยปฏิบัติการ

การวิจัยปฏิบัติการมีจุดเด่น คือ มีวิธีวิทยาการวิจัยที่ทำให้เกิดผลของการปฏิบัติและผลของการวิจัย ในเวลาเดียวกัน โดยมีขั้นตอนการวิจัยที่เป็นวงจรต่อเนื่องมีระบบเกี่ยวข้องกับความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการสะท้อนข้อมูลที่ได้อย่างพินิจพิเคราะห์ผลที่ได้นำไปปรับแผนเข้าสู่วงจรใหม่จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้จริง เป็นการวิจัยที่มีชีวิตชีวาเพราะทุกคนมีส่วนร่วม และผลการวิจัยคือความเจริญก้าวหน้า

จุดด้อยของการวิจัยการวิจัยปฏิบัติการ คือ มีความจำกัดในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยัง ประชากร เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้ส่วนใหญ่จะใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผลการวิจัยไม่สามารถสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มอื่น ๆ ได้ มีเฉพาะเทคนิควิธีเท่านั้นที่จะนำไป ประยุกต์ใช้กับกลุ่มอื่นได้แต่อาจได้ผลไม่เหมือนกัน

จากการวิจัยปฏิบัติการมีหลักการสำคัญ สรุปได้ว่า การวิจัยปฏิบัติการมีหลักการสำคัญหมายถึง การมุ่งปรับปรุงการปฏิบัติตนและการปฏิบัติงาน ของบุคคล ที่เป็นปัญหาเร่งด่วนโดยเน้นการศึกษาเฉพาะกรณีหรือศึกษาเพียงหน่วยเดียว ปัญหา วัตถุประสงค์ และระเบียบวิธีมีลักษณะเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ความจริงเป็นการวิจัยที่ปลดปล่อยความคิด อย่างอิสระและเป็นการเสริมสร้างพลังร่วมในการทำงานให้ผู้เกี่ยวข้องการวิจัยปฏิบัติการไม่ใช่พียงการทดสอบ สมมุติฐานหรือนำข้อมูลมาสรุปเท่านั้น การวิจัยปฏิบัติการจะมีระบบที่หมุนไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของการพัฒนาให้ดีกว่าเดิมทั้งตัวผู้วิจัยเองและสถานการณ์แวดล้อม

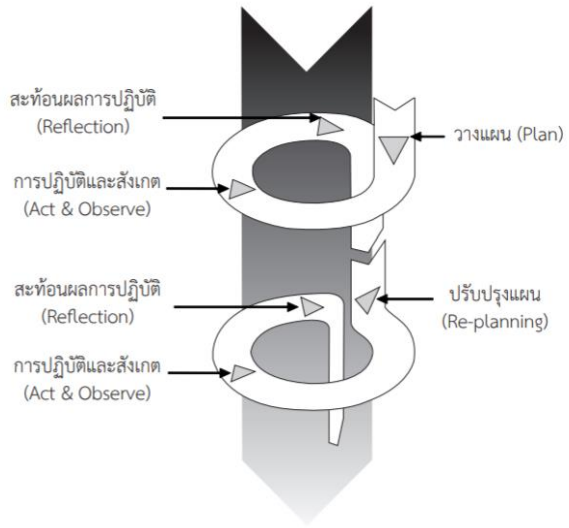
8. ขั้นตอน กระบวนการวิจัยปฏิบัติการ

กระบวนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากการวิจัยเชิงปฏิบัติการพัฒนามาจากฐานคติความเชื่อที่มุ่งเน้น บูรณาการเชื่อมโยงความรู้หรือทฤษฎีเชิงปฏิบัติการที่ได้จากการทำวิจัยกับการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในสนามหรือสถานที่ปฏิบัติงานผสมผสานเข้าด้วยกัน โดยอาศัยการสะท้อน ความคิดใคร่ครวญไปมาในเชิงวิพากษ์ผลการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำไปตามแผนการที่วางไว้ว่า สามารถแก้ไขปัญหาได้สำเร็จหรือไม่ อย่างไร รวมทั้งมีปัจจัยเกื้อหนุนและขัดขวางความสำเร็จในการแก้ปัญหาอะไรบ้าง และจะต้องดำเนินการอย่างไร จึงจะทำให้เข้าสู่ สภาวการณ์ที่นำความสำเร็จนั้นมา ดังนั้นกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการจึงประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่มีลักษณะเป็นเกลียวเวียนหรือวงจรต่อเนื่องกันไป (Spiral of steps)

กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart

กระบวนการดำเนินงานการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988)

ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1. การวางแผนเพื่อไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (Planning) 2. ลงมือปฏิบัติการตามแผน (Action) 3. สังเกตการณ์ (Observation) และ 4. สะท้อนกลับ (Reflection) กระบวนการ และผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และปรับปรุงแผนการปฏิบัติงาน (Re-planning) โดยดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ เป็นดังแสดงรายละเอียดตามภาพประกอบ



ที่มา : วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558)

ภาพประกอบ 15 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart

ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการวิจัยหลักที่หมุนเคลื่อนไปเป็นวัฏจักรของกระบวนการวิจัยดังกล่าว จึงเป็นเสมือนแหล่งที่ก่อให้เกิดความรู้เชิงปฏิบัติการและกลไก การนำความรู้ที่ได้รับไปใช้แก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ เป็น การดำเนินงานวิจัยที่ไม่แยกกิจกรรมการสืบค้นหาความรู้ ความจริงออกจากกิจกรรมการพัฒนา (องอาจ นัยพัฒน์, 2548) ซึ่งกิจกรรมการวิจัยหลักแต่ละขั้นตอนมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาการต่อต้าน รวมทั้งสภาวการณ์ เงื่อนไขอื่น ๆ ที่แวดล้อมปัญหาอยู่ใน

เวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความ ยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2. การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสภาวการณ์เวลานั้นได้ ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขและปัจจัยที่เป็นอยู่ในขณะนั้น การปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตรภายใต้การใช้ ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

3. การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไป รวมทั้งสังเกตการณ์ ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าว ๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและ ผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

4. การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้ง ประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับ โดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์ หรือประเมินผลการปฏิบัติงาน ระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัย จะเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมไปเป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวน และปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเกลียวต่อไป

จากขั้นตอนกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ สรุปได้ว่า การวิจัยหลักที่หมุนเคลื่อนไปเป็นวัฏจักรของ กระบวนการวิจัย ซึ่งกิจกรรมการวิจัยหลักแต่ละขั้นตอนมี รายละเอียดดังต่อไปนี้ 1. การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า 2. การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่าง ระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ 3. การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ กระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำ และ4. การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึก ข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี ให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

อารยา ควัฒน์กุล (2555) ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก่อนเรียนสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมมีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) สำหรับในแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีการใช้กิจกรรมอุปมาในการจัดการเรียนรู้ และมีการสอดแทรกกิจกรรมที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธณัฏฐา คงทน และคณะ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน

ในชั้นเรียนใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ ประเมิน และขยายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.8 สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีให้มีแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) รองลงมาร้อยละ 29.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ15.8 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และร้อยละ 8.9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยหัวข้อที่นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุด คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และหัวข้อที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ไอโซเมอร์

สิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (2558) การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ พบว่า ก่อนการเรียนรู้นักเรียนร้อยละ 53.97 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คาดเคลื่อนโดยเฉพาะเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต หลังการเรียนรู้จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คาดเคลื่อนมีจำนวนลดน้อยลง 36.91

สุรชิต ชูแสง (2559) การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้มโนภาพพลวัต พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้มโนภาพพลวัตที่ช่วยส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ได้แก่ การใช้คำถามปลายเปิด การยกตัวอย่างที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมและการสร้างแบบจำลองการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน การใช้มโนภาพพลวัตที่หลากหลายการใช้คำถามซักไซ้ไล่เลียงและให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม การส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นด้วยตนเอง การอภิปรายและให้นักเรียนสรุปความรู้ และการนำเสนอสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองของตนเองในการอธิบายสถานการณ์หรือปัญหานั้น ๆ

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560) ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า นักเรียนมีผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

ราตรี ยะคำ (2560) การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ พบว่า หลังจากที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว กิจกรรมการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาโดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิง

วิทยาศาสตร์ที่ครูผู้สอนให้ความสำคัญกับการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น อภิปราย และโต้แย้งร่วมกัน ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นเข้าถึงปรากฏการณ์ 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง 3) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง 5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ 6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง และ 7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้จะถูกปรับปรุและพัฒนา มาจากแบบสะท้อนผลิการจัดการเรียนรู้ที่ถูกใช้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนักเรียนที่ฝานการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล สามารถลดแนวคิดไม่ถูกต้อง (SM) ของนักเรียนในทุกประเด็นที่ศึกษา ประเด็นที่มีแนวคิดไม่ถูกต้องที่ถูกปรับลดลงมากที่สุด คือ หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ แนวคิดถูกต้อง (SU) ของนักเรียนเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี มีแนวคิดถูกต้องพัฒนาขึ้นสูงที่สุด ขณะที่ประเด็นการจัดเรียงตัวของโครงสร้างกับสมบัติทางเคมี มีการพัฒนาแนวคิดให้ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด กิกรรมการเรียนรู้นี้ยังส่งเสริมระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งความคิดละเอียดลออถูกพัฒนาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล เป็นปัญหาปลายเปิดที่มีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหนึ่งคำตอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตัวเองโดยการสร้างแบบจำลองความคิดจากข้อสรุปที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ตามความเข้าใจของตนเอง สืบค้นคำตอบอย่างหลากหลาย และอภิปรายเพื่อตรวจสอบแบบจำลองจากความคิดร่วมกับสื่อ hands-on ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดได้ทุกระดับ ระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ นอกจากนี้กิจกรรมใช้ส่งเสริมนักเรียนให้แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันและผู้อื่น ที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน โดยการใช้คำถามที่กระตุ้นการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ จึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุลให้ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ (2560) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนา แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง

พันธะโคเวเลนต์ พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงแบบ 4 ขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโควาเลนต์ มีลักษณะ ดังนี้ ขั้นสร้างแบบจำลอง ครูควรทบทวนเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับเนื้อหาที่จะเรียน โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลและครูควรนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัวนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงถึงพันธะโควาเลนต์ ขั้นแสดงแบบจำลอง ครูควรใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดให้ผู้อื่นข้าใจ และควรใช้แบบจำลองที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องพันธะโควาเลนต์ ขั้นทดสอบแบบจำลอง ครูควรแนะนำวิธีการใช้งานสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงให้นักเรียนเข้าใจก่อนและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับกับแบบจำลองของตนเองและแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น ขั้นประเมินแบบจำลอง ครูควรให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการประเมินแบบจำลองและควรใช้แบบจำลองที่มีความหลากหลาย ส่วนผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (43.99%) โดยรองลงมาอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (20.79%) อย่างไรก็ตามหลังจากการจัดการเรียนแล้วนักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ทั้ง 3 หัวข้อย่อย (54.35%) รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (29.78%) ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจึงสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการ สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามสภาพจริง คือ การสร้าง การประเมินคุณค่า การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) กลุ่มที่ศึกษาเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย ในด้านการสร้างและการประเมิน แบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.75 และ 43.75 ตามลำดับ) ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 50.00) และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50.00) โดยด้านการปรับปรุงและนำแบบจำลองไปใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี (2562) การประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง

ที่มีต่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

งานวิจัยต่างประเทศ

Harrison และ Treagust (2000) ได้ทำการศึกษาเพื่อทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี หลังการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการสอน ได้แก่ แบบจำลองที่เป็นอุปมาอุปไมยและการเปรียบเทียบโดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเป้าหมาย (Focus) การปฏิบัติการ (Action) และการสะท้อนผล (Reflection) หรือเรียกว่า FAR ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลองการเปรียบเทียบที่หลากหลาย ทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมายแต่นักเรียนมีความคุ้นเคย จากการศึกษา พบว่า การใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้น

Pringle (2004) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอน เรื่อง อะตอม หรือโครงสร้างอะตอมของ Bohr โดยการสร้างแบบจำลองในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย พบว่า การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับส่วนประกอบของอะตอมแสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองสามมิติ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างอะตอม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ให้นักเรียนได้เข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นมโนทัศน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

Hestenes (2006) ได้ทดลองเปรียบเทียบการสอนปกติที่เน้นการสอนแบบบรรยายกับจัดการเรียนการสอนด้วยแบบจำลอง (Modeling Instruction) ที่เน้นการสร้างการตรวจสอบและการนำไปใช้ของแบบจำลอง เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นโครงการที่เก็บข้อมูลจากการให้นักเรียนเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างแบบจำลองเป็นระยะเวลา 3 ถึง 4 สัปดาห์ในภาคฤดูร้อน และทำการวัดหลังจากเรียนจบ 1 ปี การศึกษาโดยใช้แบบทดสอบที่เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่ต่างกัน ผลการทดลองกับนักเรียนจำนวน 3,394 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 52 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติที่ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองดูอยู่ในระดับดีเยี่ยมหลังจากเข้าโรงอบรมเชิงปฏิบัติการเวลาผ่านไป 2 ปี การศึกษาจำนวน 647 คนและทำการวัดด้วยแบบวัด FCI พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องกลศาสตร์หลังจากการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 69

Littlejohn (2007) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใบไม้แบบจำลองเซลล์พืชและแบบจำลองเซลล์สัตว์ เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้มโนทัศน์

เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืชและการหายใจระดับเซลล์ภายหลังการสอน พบว่า นักเรียนได้คะแนนความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ดังกล่าวสูงขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้การสังเคราะห์แสงของพืชและการหายใจระดับเซลล์ได้ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียนได้เห็นเป็นรูปธรรมได้

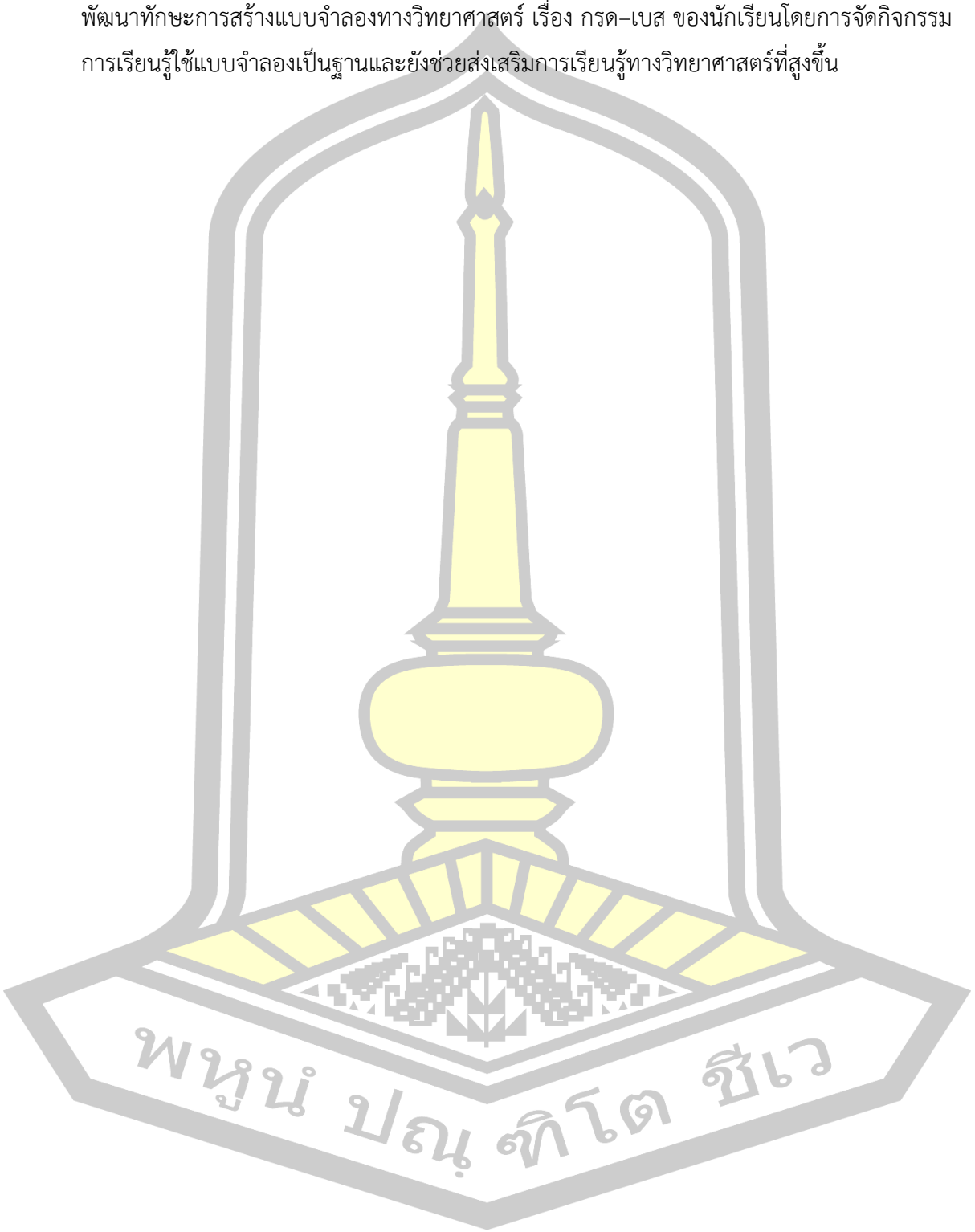
Kim (2007) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของแผนโลก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากการศึกษาพบว่า กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ สามารถทำคะแนนได้ดีกว่า กลุ่มที่เรียนโดยใช้แบบจำลอง 2 มิติ และพบว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์โดยที่เพศและชาติพันธุ์ไม่มีผลต่อการทดสอบ

Khan (2008) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์แบบจำลอง (Computer Simulation) ที่อาศัยหลักการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอของนักเรียน กิจกรรม Simulation ที่ใช้ประกอบด้วยการทำนายกลไกของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกราฟ มุมมองในระดับนาโน และการใช้อุปมาอุปไมยที่เคลื่อนไหวได้โดยจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ประเมิน และปรับปรุง ความรู้ของตนเองอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้มโนมติทางเคมีได้ ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น

Baek และคณะ (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน เป็นระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวีดิทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ผลพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลองและการสื่อสารด้วยแบบจำลอง และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน ผลพบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

จากการศึกษางานวิจัย ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นฐาน ผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองนั้น มีส่วนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งจะส่งผลให้กับนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ดังนั้นจากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมา

สนับสนุนได้ว่าการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐานนี้สามารถนำมาใช้พัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐานและยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. รูปแบบการวิจัย
5. วิธีการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 22 คน ชาย 10 คน หญิง 12 คน

การบังคับให้เข้าร่วมโครงการวิจัย นักเรียนที่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ รายวิชา ว32222 เคมี 4 ซึ่งไม่มีการบังคับนักเรียนให้เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้ ที่มาของการวิจัยเกิดจากการปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนนักเรียนกลุ่มนี้มาตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่นักเรียนอภิปรายในบทเรียนรายวิชาเคมีในระดับสูงขึ้น ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยายโดยใช้คำถามอภิปราย เมื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิม แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมทั้งลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีที่กำหนดให้เรียนมีจำนวนมาก ค่อนข้างซับซ้อนและจัดอยู่ในระดับจุลภาค ซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้และถูกตีความหมายออกมาเป็นเนื้อหาในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งอาจจะ

นำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้นไปอีกและไม่มีการบังคับให้เข้าร่วมโครงการวิจัย

อาสาสมัครกลุ่มเปราะบาง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 อายุต่ำกว่า 18 ปี ซึ่งเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อยู่ในช่วงอายุ 16–18 ปี ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ รายวิชา ว32222 เคมี 4 (โรงเรียนมีครูวิชาเอกเคมี จำนวน 1 คน) ตามคำสั่งปฏิบัติการสอนของ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ ประจำภาคเรียนที่ 2/2562

การถอนอาสาสมัครจากโครงการ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่กำลังศึกษาในรายวิชา ว32222 เคมี 4 เป็นเนื้อหาที่นักเรียนต้องศึกษาให้ครบตรงตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) พุทธศักราช 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ไม่มีการการถอนอาสาสมัครจากโครงการ

การรักษาความลับ แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมโดยใช้ปฏิบัติการทดลองและให้นักเรียน สร้างแบบจำลองตามแนวคิดของนักเรียน ทั้งแบบงานเดี่ยว งานกลุ่ม ลักษณะของการสะท้อนผลการเรียนรู้จัดในรูปแบบยกตัวอย่าง โดยไม่ระบุชื่อนักเรียนชื่อลำดับกลุ่มนักเรียน มีการกำกับรหัสประจำแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละชุด ในแต่ละวงรอบ ข้อมูลที่ได้จากแบบวัด จะถูกนำเสนอโดยภาพรวมและไม่ส่งผลต่อผู้ตอบแบบวัดแต่อย่างใดและถือเป็นความลับทั้งสิ้น

การคำนึงถึงอาสาสมัครด้านร่างกายและจิตใจ คะแนนที่ได้จากที่นักเรียนวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะถูกนำเสนอโดยภาพรวม โดยไม่ระบุชื่อนักเรียน ถือเป็นความลับอันจะก่อให้เกิดความกดดันที่ส่งผลให้เกิดความรู้สึกไม่สบายใจของนักเรียนที่เป็นภาวะที่ก่อให้เกิดความวุ่นวายใจทำให้เสียความสมดุลส่งผลทำให้พฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ผู้วิจัยตระหนักถึงอาสาสมัคร ด้านร่างกาย และจิตใจ

การรักษาพยาบาลหรือชดเชย ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การทดลอง เรื่องกรด–เบส ผู้วิจัยได้มีการอธิบายและจัดการจัดการเรียนรู้เมื่อเริ่มเรียนในรายวิชาเคมีทุกภาคเรียนเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีเช่น อุปกรณ์ สารเคมี เสื้อกาวน์ การเจือจางสารเคมี การกำจัดสารหลังทำการทดลอง การปฐมพยาบาลเบื้องต้น เป็นต้น เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในการเรียนรายวิชาเคมี ให้เกิดความปลอดภัย (เลขที่รับรองจริยธรรมการวิจัย/Etic number : 207/2563)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำแนกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 4 แผน ๆ ละ 3 ชั่วโมง รวมเวลา 12 ชั่วโมง

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส ตามวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการปรับปรุงแก้ไขของวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 4 แผน ๆ ละ 3 ชั่วโมง รวมเวลา 12 ชั่วโมง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการ กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Schwarz และคณะ (2009), ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ขั้นที่ 3 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

3. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการ กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ Schwarz และคณะ (2009)

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551และหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เคมีเพิ่มเติม) จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด โดยกำหนดเนื้อหา ใช้เวลาทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง

ตาราง 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้และเวลาที่ใช้ เรื่อง กรด–เบส โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ สารละลายกรดและสารละลายเบส	อิเล็กโทรไลต์ หมายถึง สารที่เมื่อละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีไอออนซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวกหรือไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย นอนอิเล็กโทรไลต์ หมายถึง สารที่ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อละลายน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากสารพวกนอนอิเล็กโทรไลต์จะไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ ไอออนที่แสดงสมบัติของความเป็นกรด คือ ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) และไอออนที่แสดงสมบัติของความเป็นเบส คือ ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-)	1. สรุปสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ พร้อมทั้งระบุได้ว่าสารใดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ อิเล็กโทรไลต์อ่อนหรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้ 2. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3

ตาราง 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
2. ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส	ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส : กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน เบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตต-เลารี : กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอนกับสารอื่นได้ เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอนจากสารอื่นได้ ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอีส : กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่ จากเบสแล้วเกิดพันธะโคเวเลนต์ เบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์ สารที่เป็นคู่กรด-เบสกัน สารที่เป็นคู่กรด จะมี H มากกว่าคู่เบสอยู่ 1 อะตอม	1. อธิบายความหมายของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส เบรินสเตดลาวรีและลิวอิสได้ 2. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาให้และรับโปรตอนของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจ ทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3

ตาราง 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
3. การแตกตัวของกรดและเบส	กรดแก่และเบสแก่จะแตกตัวได้ 100% แตกตัวเป็นไอออนได้หมดในตัวทำละลายซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำ กรดอ่อนและเบสอ่อนเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนเพียงบางส่วน และปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อนเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้	1. อธิบายการแตกตัวของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อนและเบสอ่อน พร้อมทั้งเขียนสมกาการแตกตัวเป็นไอออนได้ 2. สร้างแบบจำลองและคำนวณเพื่อศึกษาความเข้มข้นของไอออนในสารละลายเมื่อทราบค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบสได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3
4. การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ pH ของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	น้ำเป็นอิเล็กโทรไลต์ที่อ่อนมาก แตกตัวได้น้อย ดังนั้น การนำไฟฟ้าของน้ำจะน้อย จนไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการนำไฟฟ้าผ่านหลอดไฟแต่ตรวจได้ด้วยเครื่องวัดกระแส (เป็นแอมมิเตอร์) pH คือค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ใช้บอกความเป็นกรดหรือเบสของสารละลาย และอินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบส ของสารละลายได้อย่างหนึ่ง สารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัว จะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้	1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์กับอุณหภูมิได้ 2. สร้างแบบจำลองและคำนวณเพื่อศึกษาเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำเมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3

ตาราง 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
5. ปฏิกิริยาของกรดและเบส : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	กรดทำปฏิกิริยากับเบสจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ เกลือที่ได้จากปฏิกิริยาจะแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง ขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือนั้นว่ามาจากกรด และเบสประเภทใด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส หมายถึง ปฏิกิริยาที่สารทำกับน้ำแล้วเกิดสารใหม่ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ หมายถึง ปฏิกิริยาที่เกิดจากไอออนบวกหรือไอออนลบของเกลือกับน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ หรือ OH ในสารละลาย และไอออนที่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้เป็นไอออนที่มาจากกรดอ่อนหรือเบสอ่อน	1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาสะเทิน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส พร้อมทั้งเขียนสมการได้ 2. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาการเตรียมเกลือจากปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิดได้ 3. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาความเป็นกรด-เบสของเกลือที่ละลายในน้ำ โดยใช้อินดิเคเตอร์เป็นตัวบ่งชี้ 4. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจ ทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
6. การไทเทรตกรด-เบส	การไทเทรต เป็นกระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาปริมาตรกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยากันพอดีแล้วนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบ	1. ระบุประเภทของกรดหรือเบสที่ทำปฏิกิริยากันโดยพิจารณาจากกราฟของการไทเทรตได้ 2. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาจุดสมมูลค่า pH และปริมาตรของสารละลายกรดหรือเบส ณ จุดสมมูลกราฟของการไทเทรตที่กำหนดให้ได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3
7. อินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน	การเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม : เลือกอินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลายของผลิตภัณฑ์ ณ จุดสมมูล และพิจารณาจากกราฟของการไทเทรตกรด-เบส โดยดูช่วงการเปลี่ยน pH ตรงส่วนที่ชันที่สุดว่ามีค่าเท่าใด แล้วเลือกอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH นั้น	1. เลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมกับการไทเทรตกรด-เบสแต่ละคู่ที่กำหนดให้และบอกเหตุผล 2. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาปริมาตรของสารลอกรดในยาลดกรดได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3

ตาราง 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
8. สารละลายบัฟเฟอร์	สารละลายบัฟเฟอร์ ประกอบด้วยสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือสารละลายเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น ซึ่งเป็นคู่กรด-เบสกัน	1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายและในธรรมชาติได้ 2. ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษา pH ของสารละลายบัฟเฟอร์เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปได้ 3. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจ ทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	3

1.3 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ มากำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนการสอน

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เคมีเพิ่มเติม โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ วงจรปฏิบัติที่ 1 จำนวน 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง และตามวงจรปฏิบัติที่ 2 จำนวน 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง โดยให้สอดคล้องระหว่าง ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์ และเนื้อหากับระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย

1) สาระสำคัญ
2) มาตรฐานการเรียนรู้
3) ผลการเรียนรู้
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์
5) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

6) จุดประสงค์การเรียนรู้

7) สาระการเรียนรู้

8) กระบวนการจัดการเรียนรู้

9) สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

10) การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผลและนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงพร้อมแล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา การสอนวิทยาศาสตร์และการวัดประเมินผลเพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน 5 ท่าน ประกอบด้วย

1.5.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ คุณวุฒิ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.5.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง คุณวุฒิ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.5.3 นางอนงค์ พืชสิงห์ คุณวุฒิ กศ.ด. (การบริหารและพัฒนาการศึกษา) ผู้อำนวยการ วิทยฐานะเชี่ยวชาญ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล

1.5.4 นางสาวประเทืองสุข มณีล้ำ คุณวุฒิ วท.ม. (เคมีสำหรับครู) อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ฝ่ายมัธยมศึกษา ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์

1.5.5 นางชวนชื่น มลิลา คุณวุฒิ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์

1.6 เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผน ได้แก่ สาระสำคัญ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและนำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 รูปแบบ (วงจรปฏิบัติการ) ของ

ผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับและพิจารณาระดับ คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ ต้องมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ซึ่งผลการประเมินปรากฏว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และ 4.67 หมายถึง มีระดับคุณภาพดีมากและได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ควรมีการปฐมนิเทศให้นักเรียนเข้าถึงเป้าหมายและรูปแบบการจัดการเรียนการสอนการพัฒนาทักษะในการสร้างแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดองค์ประกอบของแบบจำลองร่วมกัน การยกตัวอย่างแบบจำลองที่มีการอธิบายองค์ประกอบที่สมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์สีให้เห็นจุดสำคัญที่นักเรียนจำเป็นต้องระบุการเข้าถึงปรากฏการณ์เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ การสร้างแรงจูงใจให้เกิดการตื่นตัวในการหาคำตอบ ครูควรใช้วิธีการที่หลากหลายร่วมกับการใช้คำถาม เช่น สถานการณ์ปัญหาใกล้ตัวเรื่องที่เป็นปัจจุบัน ข่าววีดีโอที่น่าสนใจ เกมส์หรือประเด็นวิกฤตขัดแย้งต่าง ๆ เพื่อนำเข้าสู่การสร้างแบบจำลอง การสะท้อนและให้ข้อมูลกลับต่อผู้เรียนจะเกิดผลประโยชน์ต่อการพัฒนา แนวคิดครั้งต่อไปควรมีช่วงเวลาและการสะท้อนแบบจำลองร่วมกันและให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีผู้วิจัยได้ปรับตามข้อเสนอแนะ

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2. แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสาร ตำรา บทความทางวิชาการ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.2 ดำเนินการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.3 สร้างแบบพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการ กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Schwaz และคณะ (2009) และชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การเข้าถึง

ปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ขั้นที่ 3 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

2.3 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาแล้วดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำ

2.5 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านเนื้อหา การสอนวิทยาศาสตร์และการวัดประเมินผล เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน 5 ท่าน ประกอบด้วย

2.5.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ คุณวุฒิ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2.5.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง คุณวุฒิ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2.5.3 นางอนงค์ พืชสิงห์ คุณวุฒิ สิงห์ คุณวุฒิ กศ.ด. (การบริหารและพัฒนาการศึกษา) ผู้อำนวยการ วิทยฐานะเชี่ยวชาญ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล

2.5.4 นางสาวประเทืองสุข มณีล้ำ สิงห์ คุณวุฒิ วท.ม. (เคมีสำหรับครู) อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ฝ่ายมัธยมศึกษา ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์

2.5.6 นางชวนชื่น มลิลา สิงห์ คุณวุฒิ ศษ.ม(วิทยาศาสตร์ศึกษา) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์

2.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) ของแบบสังเกตพฤติกรรมแต่ละข้อกับพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) ที่มีค่าดัชนีตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ซึ่งเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ได้ค่า IOC คือ 0.87 และ 0.83 ได้ปรับปรุงแบบสังเกตพฤติกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจากการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายการประเมินในแต่ละขั้นที่แสดงถึงผลการเรียนรู้พฤติกรรมผู้เรียน สภาพปัญหาและความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ควรระบุความหมายและสิ่งที่ต้องการที่จะประเมินให้

ชัดเจน เพราะรายการประเมินในแต่ละข้อเป็นการสังเกตพฤติกรรมตามรูปแบบการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายการการประเมินพฤติกรรมตามขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ครูผู้สอนต้องเตรียมสื่อสถานการณ์ที่จะนำเข้าสู่บทเรียนให้ชัดเจน เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้ในการสร้างแบบจำลองต่อไป ผู้วิจัยได้ปรับตามข้อเสนอแนะ

2.7 ปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2.8 จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

3. แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการ สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ (Schwarz and others, 2009) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. กำหนดรายการประเมิน โดยรายการประเมินลอดคล้องกับนิยามศัพท์และข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งได้กำหนดให้นักเรียนก่อนการออกแบบและสร้างแบบจำลอง

โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ Schwarz และคณะ (2009) แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ การสร้าง การประเมินคุณค่า การปรับปรุงและการนำแบบจำลองไปใช้

3. นำแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาแล้วดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำ

4. นำแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านเนื้อหา การสอนวิทยาศาสตร์และการวัดประเมินผลเพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน 5 ท่าน ประกอบด้วย

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ คุณวุฒิ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

4.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง คุณวุฒิ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

4.3 นางอนงค์ พืชสิงห์ คุณวุฒิ สิงห์ คุณวุฒิ กศ.ด. (การบริหารและพัฒนาการศึกษา) ผู้อำนวยการ วิทยฐานะเชี่ยวชาญ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล

4.4 นางสาวประเทืองสุข มณีล้ำ สิงห์ คุณวุฒิ วท.ม. (เคมีสำหรับครู) อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ฝ่ายมัธยมศึกษา ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์

4.5 นางชวนชื่น มลิลา สิงห์ คุณวุฒิ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์

โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ Schwarz และคณะ (2009) แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ การสร้าง การประเมินคุณค่า การปรับปรุงและการนำแบบจำลองไปใช้ โดยมีทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 โดยนำเสนอระดับคุณภาพของ กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องหรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สามารถวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

5. บันทึกผลการพิจารณาลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน ในแต่ละข้อและหาผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเป็นรายข้อ ผลปรากฏว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ +1 แสดงว่าข้อสอบผ่านการพิจารณาสามารถนำมาใช้ได้ทุกข้อ

6. นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความเที่ยงตรงทางเนื้อหา (Content Validity) ของข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ซึ่งเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ได้ค่า IOC คือ0.76 ได้ปรับปรุงแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจากการประเมินแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ควรเรียงลำดับการสร้างหรือทบทวนปรับปรุงในวงจรที่ 2 หากนักเรียน

สร้างแบบจำลองขึ้นมาก่อนจะส่งผลให้เกิดความสับสนในการสังเกตปรากฏการณ์ที่จะสร้างแบบจำลองทางความคิด รวมถึงการสร้างแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางความคิดให้นิยามจำกัดความให้มีความแตกต่างกันเนื่องด้วยแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นก็จัดเป็นแบบจำลองเช่นกัน ผู้วิจัยได้ปรับตามข้อเสนอแนะ

7. จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

ตาราง 3 แสดงแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
การสร้างแบบจำลอง (Generating model)					
1.	การเปรียบเทียบแบบจำลอง				
2.	การร่างต้นแบบ				
3.	การเลือกวัสดุ - อุปกรณ์				
4.	ความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง				
การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model)					
1.	รูปภาพแบบจำลอง				
2.	การอธิบายแนวคิดเหตุผล				
3.	ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์				
4.	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์				
การนำเสนอ (Presentation Model)					
1.	ระดับมหภาค				
2.	ระดับจุลภาค				
3.	ระดับสัญลักษณ์				
4.	ข้อจำกัดของแบบจำลอง				
รวม					

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
29 - 36	ดีมาก
21 - 28	ดี
15 - 20	พอใช้
1 - 14	ปรับปรุง

ระดับคุณภาพ	การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด – เบส			
	การเปรียบเทียบแบบจำลอง	การร่างต้นแบบ	การเลือกวัสดุ - อุปกรณ์	ความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง
1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model)				
3 (ดี)	เปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่าง ระหว่างลักษณะของแบบจำลองกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ (การทดลอง) ครอบคลุม ถูกต้อง	แสดงการร่างต้นแบบอย่างเป็นขั้นตอน พร้อมเหตุผลสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างครบถ้วนชัดเจน สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้	เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการร่างต้นแบบและจุดประสงค์การใช้งานและสามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุได้ถูกต้อง	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองตรงตามกำหนด ทันเวลา ใช้เวลาน้อยและชิ้นงานของแบบจำลองมีความแข็งแรงต่อการนำไปใช้
2 (ปานกลาง)	เปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่าง ระหว่างลักษณะของแบบจำลองกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ (การทดลอง) ไม่ครอบคลุม ถูกต้อง	แสดงการร่างต้นแบบอย่างเป็นขั้นตอน พร้อมเหตุผลสนับสนุนในการออกแบบได้ไม่สมบูรณ์ สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้บางส่วน	เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการร่างต้นแบบและจุดประสงค์การใช้งานและสามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุได้ถูกต้องบางส่วน	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองตรงตามกำหนด ทันเวลา ใช้เวลาน้อยและชิ้นงานของแบบจำลองมีความแข็งแรงต่อการนำไปใช้น้อย

ระดับคุณภาพ	การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด – เบส			
	การเปรียบเทียบแบบจำลอง	**การร่างต้นแบบ**	**การเลือกวัสดุ - อุปกรณ์**	**ความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง**
1 (พอใช้)	เปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่างระหว่างลักษณะของแบบจำลองกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ (การทดลอง) ได้ไม่ครบ ถูกต้องบางส่วน	แสดงการร่างต้นแบบขั้นตอนไม่ชัดเจน พร้อมเหตุผลสนับสนุนในการออกแบบได้ไม่สมบูรณ์ สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้บางส่วน	เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการร่างต้นแบบและจุดประสงค์การใช้งานบางส่วนและสามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุได้ถูกต้องบางส่วน	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตามกำหนด ไม่ทันเวลา ใช้เวลาค่อนข้างมากและชิ้นงานของแบบจำลองมีความแข็งแรงต่อการนำไปใช้น้อย
0 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถเปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่างระหว่างลักษณะของแบบจำลองกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ (การทดลอง) ได้	ไม่สามารถร่างต้นแบบ อย่างเป็นขั้นตอน พร้อมเหตุผลสนับสนุนในการออกแบบได้	ไม่สามารถเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการร่างต้นแบบและจุดประสงค์การใช้งานและไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุได้	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตามกำหนด ไม่ทันเวลา ใช้เวลาค่อนข้างมากและชิ้นงานของแบบจำลองไม่เรียบร้อย
2. การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model)				
3 (ดี)	รูปภาพแบบจำลองถูกต้องสอดคล้องกับปรากฏการณ์ (การทดลอง) ครบทุกองค์ประกอบ	อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	แบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมีการระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายถูกต้อง	การอธิบายเหตุผลและรูปภาพแบบจำลองทางความคิด มีความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

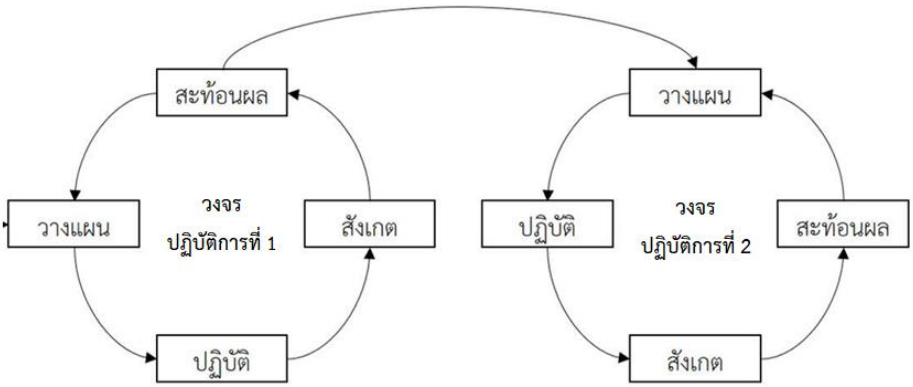
พหุน ปณฺฑิโต ชีว

ระดับคุณภาพ	การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด – เบส			
	การเปรียบเทียบแบบจำลอง	**การร่างต้นแบบ**	**การเลือกวัสดุ - อุปกรณ์**	**ความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง**
2 (ปานกลาง)	รูปภาพแบบจำลองถูกต้องสอดคล้องกับปรากฏการณ์ (การทดลอง) อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	แบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมีการระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายถูกต้อง อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	การอธิบายเหตุผลและรูปภาพแบบจำลองทางความคิด มีความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน
1 (พอใช้)	รูปภาพแบบจำลองถูกต้องบางส่วนสอดคล้องกับองค์ประกอบปรากฏการณ์ (การทดลอง) บางส่วนหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง	อธิบายเหตุผลถูกต้องบางส่วนสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง	แบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นมีการระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายถูกต้อง บางส่วนหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง	การอธิบายเหตุผลหรือรูปภาพแบบจำลองทางความคิด มีความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง
0 (ปรับปรุง)	รูปภาพแบบจำลองไม่ถูกต้องไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ (การทดลอง) หรือไม่วาดภาพ	อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นหรือไม่เขียนคำอธิบาย	แบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นไม่มีการระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายหรือไม่ถูกต้อง	การอธิบายเหตุผลและรูปภาพแบบจำลองทางความคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
3. การนำเสนอ (Presentation Model)				
3 (ดี)	สามารถอธิบายสิ่งที่เห็นจากการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ (การทดลอง) ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์	จินตนาการสิ่งที่เห็นจากปรากฏการณ์ (การทดลอง) โดยการแสดงตัวแทนความคิดแทนอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคของสารในการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน	เขียนสัญลักษณ์ทางเคมีจากการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์สอดคล้องกับระดับมหภาคและจุลภาคได้ถูกต้องครบถ้วน	ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้ง แนวทางปรับปรุงพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติและแบบจำลองทางความคิด อย่างเหมาะสม ครบถ้วน

ระดับคุณภาพ	การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด – เบส			
	การเปรียบเทียบแบบจำลอง	**การร่างต้นแบบ**	**การเลือกวัสดุ - อุปกรณ์**	**ความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง**
2 (ปานกลาง)	สามารถอธิบายสิ่งที่เห็นจากการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ (การทดลอง) ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	จินตนาการสิ่งที่เห็นจากปรากฏการณ์ (การทดลอง) โดยการแสดงตัวแทนความคิดแทนอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคของสารในการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง	เขียนสัญลักษณ์ทางเคมีจากการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์สอดคล้องกับระดับมหภาคและจุลภาคได้ถูกต้องครบถ้วน อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้ง แนวทางปรับปรุงพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติและแบบจำลองทางความคิดอย่างเหมาะสม
1 (พอใช้)	สามารถอธิบายสิ่งที่เห็นจากการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ (การทดลอง) ได้อย่างถูกต้องบางส่วนครบถ้วนและสมบูรณ์บางส่วนหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง	จินตนาการสิ่งที่เห็นจากปรากฏการณ์ (การทดลอง) โดยการแสดงตัวแทนความคิดแทนอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคของสารในการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้องบางส่วน	เขียนสัญลักษณ์ทางเคมีจากการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์สอดคล้องกับระดับมหภาคและจุลภาคได้ถูกต้องครบถ้วนบางส่วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้ง แนวทางปรับปรุงพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติและแบบจำลองทางความคิด อย่างเหมาะสม ครบถ้วนบางส่วน
0 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถอธิบายสิ่งที่เห็นจากการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ (การทดลอง) ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์	ไม่สามารถจินตนาการสิ่งที่เห็นจากปรากฏการณ์ (การทดลอง) โดยการแสดงตัวแทนความคิดแทนอะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคของสารได้	ไม่สามารถเขียนสัญลักษณ์ทางเคมีจากการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์สอดคล้องกับระดับมหภาคและจุลภาคได้	ไม่สามารถระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งแนวทางปรับปรุงพัฒนา แบบจำลอง 3 มิติและแบบจำลองทางความคิดได้

รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการเชิงคุณภาพ ตามแบบของ Schmuck (Kijkuakul, 2014) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้วิจัยในฐานะครู โดยเป็นการวิจัย เพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียนและพัฒนาการสอนของครู ดังนั้นบริบทของการวิจัยจึงมีความจำเพาะและด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพจะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในเชิงลึกมากขึ้น โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์และการสะท้อนผลเป็นหลักได้เป็นข้อสรุปที่มีประโยชน์ตลอดจนเกิดเป็นแนวปฏิบัติที่ดีนำไปสู่องค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้และพัฒนานักเรียนได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดำเนินการในลักษณะเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน โดยจำนวนวงจรปฏิบัติการที่ผู้วิจัยได้ กำหนดไว้สำหรับการดำเนินงานวิจัยนี้คือ 2 วงจรปฏิบัติการ ปรากฏดังภาพประกอบ 16



ที่มา : Kurt (1951)

ภาพประกอบ 16 แสดงการดำเนินการของวงจรปฏิบัติการ

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988) ซึ่งประกอบด้วยการวางแผนปฏิบัติการลงมือกระทำจริง การสังเกตและสะท้อนผล

การปฏิบัติ ผู้วิจัยได้นำหลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีขั้นตอนตามวงจรดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. สำรวจและวิเคราะห์สำรวจสำรวจสภาพปัญหาการเรียนการสอน ศึกษาสภาพปัญหา เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาในการวิจัยโดยผู้วิจัย

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

3. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้วางแผนการจัดการเรียนการสอนและเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการวิจัย

4. ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย

5. นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

6. ผู้วิจัยนำเครื่องมือในการวิจัยที่ผ่านการพิจารณาตรวจสอบ มาใช้โดยผู้วิจัยได้แบ่งแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้การจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ สารละลายกรด-เบส
2. ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส
3. การแตกตัวของกรด-เบส
4. การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ pH

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้การจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

5. ปฏิกิริยาของกรดและเบส : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส
6. การไทเทรตกรด-เบส
7. อินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน
8. สารละลายบัฟเฟอร์

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้าง ขอคำปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะ

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือในการวิจัยที่สร้างขึ้นไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำต่าง ๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น

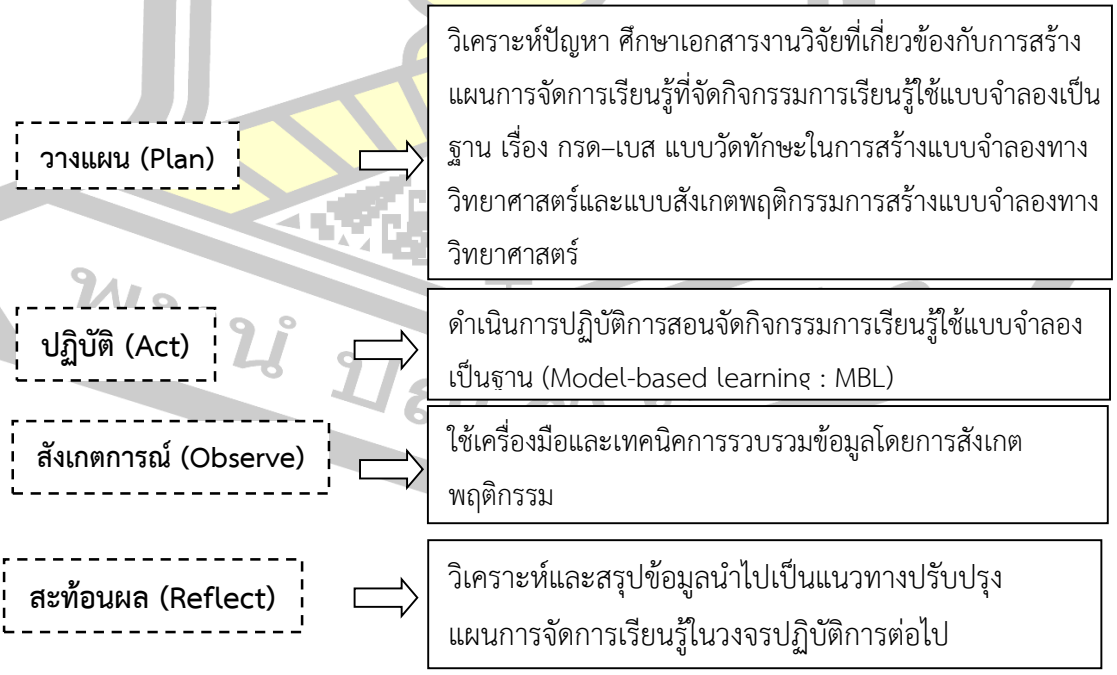
ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน (Act) ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งได้รับการปรับปรุงในขั้นที่ 1 ไปดำเนินการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย

2. ผู้วิจัยลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นวงจรปฏิบัติการ 2 วงจร

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ดำเนินการสังเกตและจดบันทึกข้อมูลพฤติกรรมนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดกิจกรรมตามวงจรปฏิบัติการที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 8 แผน เวลา 24 ชั่วโมง มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ดำเนินการโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาวิเคราะห์และสรุปข้อมูล เพื่อนำไปเป็นแนวทางปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป



วิธีการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบสของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งดำเนินการตาม วงจรปฏิบัติการ 2 วงจรปฏิบัติการ โดยแต่ละวงจรมีขั้นตอน ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

1. จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ ขั้นพื้นฐาน (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ (05) ค่าเฉลี่ยระดับโรงเรียนร้อยละ 25.91 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศร้อยละ 30.05

2. จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า ค่าสถิติแยกตามมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับโรงเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ (05) ค่าเฉลี่ยทักษะบูรณาการ ระดับโรงเรียนร้อยละ 17.00 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศร้อยละ 23.94

3. สภาพปัญหาในชั้นเรียน การนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใช้ในการเรียนรู้ในห้องเรียน พบปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่นักเรียนอภิปรายในบทเรียนรายวิชาเคมีในระดับสูงขึ้น เรื่อง กรด-เบส กิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยาย โดยใช้คำถาม อภิปราย เมื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิม แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมทั้งลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีที่กำหนดให้เรียนมีจำนวนมาก ค่อนข้างซับซ้อน จัดอยู่ในระดับจุลภาค ซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้และถูกตีความหมายออกมาเป็นเนื้อหาในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งอาจจะนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้นไปอีก

4. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย

5. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้าง

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการวิจัย

6. ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัยประกอบด้วย

6.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส

6.2 แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

6.3 แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

7. นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

8. ผู้วิจัยนำเครื่องมือในการวิจัยที่ผ่านการพิจารณาตรวจสอบ มาใช้โดยผู้วิจัยได้แบ่งแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้การจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส แบ่งออกเป็น 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ สารละลายกรด-เบส
2. ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส
3. การแตกตัวของกรด-เบส
4. การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ pH

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปขอคำปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

10. นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในการวิจัยที่สร้างขึ้นไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำต่างๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน ดำเนินการสอนตามวงจรปฏิบัติการโดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต ใช้เครื่องมือและเทคนิคการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในขณะที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมทั้งรายกลุ่มและรายบุคคลโดยใช้แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

1. นำแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในการเก็บข้อมูลในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 สรุปหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอน

2. นำแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรม

3. ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส จากการสังเกต วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลของปัญหาและผลการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนของวงจรปฏิบัติการที่ 1 แล้วนำไปพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาจากจุดบกพร่องของวงจรปฏิบัติการที่ 1

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย

3. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการวิจัย

4. ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัยประกอบด้วย

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส

4.2 แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4.3 แบบสังเกตทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

6. ผู้วิจัยนำเครื่องมือในการวิจัยที่ผ่านการพิจารณาตรวจสอบ มาใช้โดยผู้วิจัยได้แบ่งแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้การจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

5. ปฏิกิริยาของกรดและเบส : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

6. การไทเทรตกรด-เบส

7. อินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน

8. สารละลายบัฟเฟอร์

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปขอคำปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในการวิจัยที่สร้างขึ้นไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำต่าง ๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น

ขันที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน ดำเนินการสอนตามวงจรปฏิบัติการโดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส 4 แผน เวลา 12 ชั่วโมง มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต ใช้เครื่องมือและเทคนิคการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในขณะที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมทั้งรายกลุ่มและรายบุคคลโดยใช้แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

1. นำแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการเก็บข้อมูลในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-8 สรุปหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอน

2. นำแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรม

3. ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส จากการ สังเกต วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติจากขั้นตอนทั้งหมด 2 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ปรากฏดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วงจร	แผนการจัดการเรียนรู้	เครื่องมือ	วิธีการ	ระยะเวลา	ผู้ให้ข้อมูล
1	1 - 4	1. แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	วัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1	ระหว่างการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย
		2. แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน 3. แบบประเมินใบงาน	สังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม		ผู้วิจัยและนักเรียน
2	5 - 8	1. แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	วัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2	ระหว่างการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย
		2. แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงาน 3. แบบประเมินใบงาน	สังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม		ผู้วิจัยและนักเรียน

การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

ศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเกณฑ์การประเมินแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์แบบแยกประเด็น (Analytic Rubrics) โดยแบ่งระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) ต้องปรับปรุง (1) กำหนดเกณฑ์ในการแปลผลคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตาม

แนวทางการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของ Schwarz และคณะ (2009) โดยแบ่งเป็นช่วงคะแนนได้ 4 ช่วง ซึ่งมีการแปลคะแนนระดับความสามารถของแต่ละช่วงคะแนน

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	ระดับคุณภาพ
29 - 36	ดีมาก
21 - 28	ดี
15 - 20	พอใช้
1 - 14	ปรับปรุง

ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 หาความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการหาค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คำนวณโดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IC (Index of Item Congruence) (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) จากสูตร

$$IC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้องของข้อการสังเกตของแบบสังเกตพฤติกรรม

$\sum$R แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 หาความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการหาค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คำนวณโดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IC (Index of Item Congruence) (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) จากสูตร

$$IC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้องชองข้อคำถามของแบบวัดทักษะกับผลการเรียนรู้

$\sum$R แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

$$P = \frac{f \times 100}{n}$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ของคะแนนโดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ค่าคะแนน

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

$\sum X$ แทน ผลรวม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยนำเสนอผลการดำเนินการวิจัยตามแผนปฏิบัติการในแต่ละวงรอบตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการสื่อความหมายของข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

N แทน จำนวนนักเรียน

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4
2. วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-8

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการดำเนินการ งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานของ กลุ่มเป้าหมายทั้งสิ้น 22 คน ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง แยกเป็นวงรอบ ดังนี้

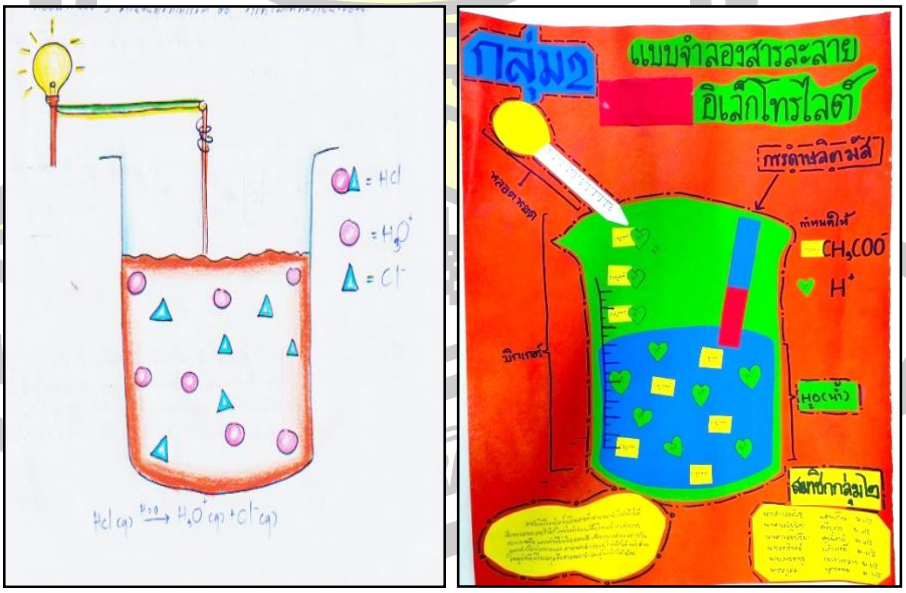
วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ สารละลายกรดและสารละลายเบส

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง สารละลายอิล็กโทรไลต์ โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลอง โดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง การนำเสนอ โดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ สารละลายอิเล็กโทรไลต์เมื่อละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบแยกออกจากกัน โดยไอออนบวกและไอออนลบสามารถเคลื่อนที่ไปมาในสารละลายได้ จึงทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ ส่วนน้ำ (H_2O) สามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนบางส่วน ในสารละลายจึงมีทั้งไฮโดรเจนไอออน ไฮดรอกไซด์ไอออน และโมเลกุลของน้ำกระจายอยู่กับไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดจากการแตกตัว แต่น้ำแตกตัวได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อัตราส่วนของ H^+ และ OH^- จึงน้อยกว่าอัตราส่วนของออนบวกและไอออนลบของสารอิเล็กโทรไลต์ สมการการเกิดปฏิกิริยา

$$CH_3COOH\ (aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H^+(aq)$$



ภาพประกอบ 17 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารละลายอิล็กโทรไลต์

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง สารละลายอิล็กโทรไลต์ ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้นแสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลองโดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษสีเข้มสด คละสีให้เห็นความแตกต่าง โดยใช้ปากกาเมจิกแสดงการถ่ายโอนไอออนของสารละลายในปฏิกิริยา ในเนื้อหาสารละลายไฮโดรเจนไอออน ไฮดรอกไซด์ไอออน และโมเลกุลของน้ำกระจายอยู่กับไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดจากการแตกตัว แต่น้ำแตกตัวได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อัตราส่วนของ H^+ และ OH^- จึงน้อยกว่าอัตราส่วนของออนบวกและไอออนลบของสารอิเล็กโทรไลต์ สมการการเกิดปฏิกิริยา $CH_3COOH\ (aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H^+(aq)$ และนำเสนอผ่านแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง การแสดงขั้นตอนการทดลองด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ พร้อมทั้งสัญลักษณ์และข้อความ

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี ขั้นตอนการดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในการปฐมนิเทศในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ต้องใช้เวลามากกับการอธิบายทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้งกับแนวคิด ทฤษฎี แนวทางปฏิบัติการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งฝึกปฏิบัติให้เกิดความเข้าใจ

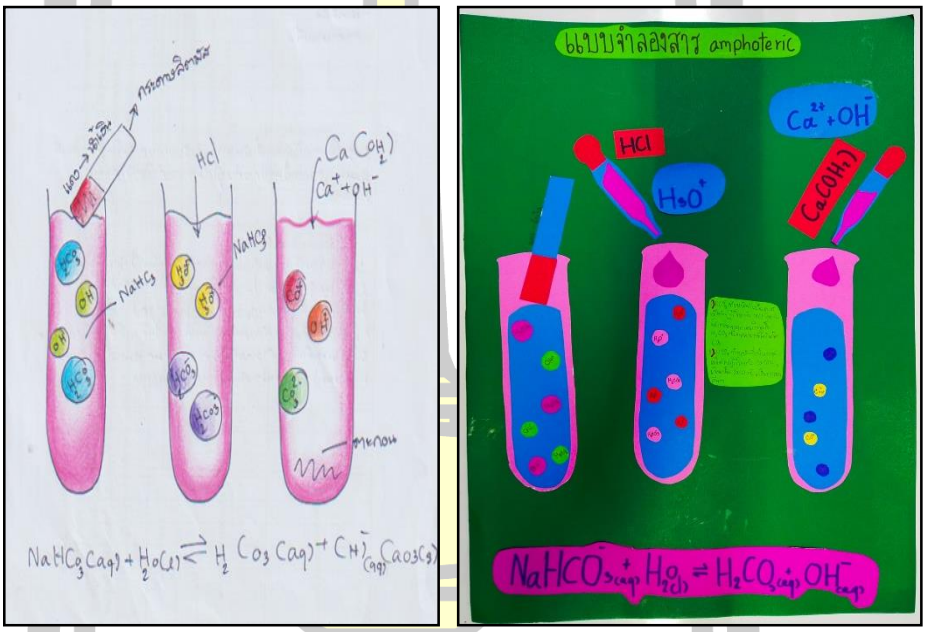
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส และคู่กรด-เบส

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส และคู่กรด-เบส โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลอง โดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง การนำเสนอโดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ เมื่อโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ละลายน้ำสารละลายมีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากเปลี่ยนสี

กระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่ามี OH^- เกิดขึ้นในสารละลาย HCO_3^- ทำหน้าที่เป็นเบส เมื่อทำปฏิริยากับ HCl โดยรับโปรตอนจากกรดเกิดเป็น H_2CO_3 ซึ่งจะสลายตัวให้แก๊ส CO_2 HCO_3^- ทำหน้าที่เป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ เกิดเป็น $CaCO_3$ ซึ่งเป็นตะกอนสีขาวHCO_3^- สามารถให้และรับโปรตอนได้ จึงเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา

$$NaHCO_3\,(aq) + H_2O\,(aq) \rightarrow Na^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq)$$

$$HCO_3^-\,(aq) + H_2O\,(aq) \rightarrow H_2CO_3\,(aq) + OH^-\,(aq)$$



ภาพประกอบ 18 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส และคู่กรด-เบส

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส และคู่กรด-เบส ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้น แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ ที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษสีเข้มสด คละสี ให้เห็นความแตกต่าง โดยใช้ปากกาเมจิกแสดงการถ่ายโอนไอออนของสารละลายในปฏิกิริยา ในเนื้อหา OH^- เกิดขึ้นในสารละลาย HCO_3^- ทำหน้าที่เป็นเบสเมื่อทำปฏิกิริยากับ HCl โดยรับโปรตอนจากกรดเกิดเป็น H_2CO_3 ซึ่งจะสลายตัวให้แก๊ส CO_2 HCO_3^- ทำหน้าที่เป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ เกิดเป็น $CaCO_3$ ซึ่งเป็นตะกอนสีขาว HCO_3^- สามารถให้และรับโปรตอนได้

จึงเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่ทำปฏิกิริยาด้วยดังสมการการเกิดปฏิกิริยา $NaHCO_3$ (aq) + H_2O (aq) ⟶ Na^+ (aq) + HCO_3^- (aq) การนำเสนอผ่านแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง การแสดงขั้นตอนการทดลองด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ พร้อมทั้งสัญลักษณ์และข้อความ

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี การประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนส่วนใหญ่ตัดสินใจเลือกการนำเสนอผ่านแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง การแสดงขั้นตอนการทดลองด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษสีเข้มสด คละสีให้เห็นความแตกต่าง โดยใช้ปากกาเมจิกแสดงการถ่ายโอนไอออนของสารละลายในปฏิกิริยา หลังจากที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองทางความคิดผ่านการนำผลการทดลองมาประกอบการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และดำเนินการสร้างเมื่อมีการประเมินและแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง บางกลุ่มมีความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองหลายจุด การกลับมาแก้ไขให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทำได้ยาก เพราะติดกาวเรียบร้อย

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบสโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลอง โดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง การนำเสนอ โดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ การแตกตัวเป็นไอออนของกรดแก่และเบสแก่เมื่อละลายในน้ำเป็นไอออนได้ดีมากหรือแตกตัวได้หมดเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนกับไอออนที่เกิดจากการแตกตัว ความสมารถในการตกตัวของกรดอ่อน อาจบอกเป็นร้อยละหรือบอกเป็นค่าคงที่การแตกตัวของกรด (K_a) การแตกตัวของเบสอ่อน เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ในสารละลายเบสจึงมีทั้งโมเลกุลของเบสอ่อนและไอออนที่เกิด

จากการแตกตัว ความสามารถในการแตกตัวของเบสอ่อน อาจบอกเป็นร้อยละหรือบอกเป็นค่าคงที่การแตกตัวของเบส (K_b) ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา

$$CH_3COOH\ (l) \xleftrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq)\ + CH_3COO^-\ (aq)$$

$$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

ภาพประกอบ 19 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้น แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษสีเข้มสด คละสี ให้เห็นความแตกต่าง โดยใช้ปากกาเมจิกแสดงการถ่ายโอนไอออนของสารละลายในปฏิกิริยา ในเนื้อหา การแตกตัวเป็นไอออนของกรดแก่และเบสแก่เมื่อละลายในน้ำเป็นไอออนได้ดีมากหรือแตกตัวได้หมดเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนกับไอออนที่เกิดจากการแตกตัว ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา

$$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี การเปรียบความเหมือน ความแตกต่างระหว่างปรากฏการณ์ที่ศึกษากับแบบจำลองทางความคิด นักเรียนต้องมีการซักถาม อภิปรายระหว่างกลุ่มในการนำเสนอผลการทดลองและสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยครูผู้สอนคอยกำกับดูแลในการสรุปประเด็นอภิปรายให้ยุติอย่างลงตัว จึงต้องมีการเพิ่มรายละเอียดตารางการเปรียบความเหมือน ความแตกต่างให้มีหัวข้อแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพื่อที่จะให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองที่สร้างขึ้นสู่การนำเสนอและขยายแบบจำลอง

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ pH ของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองโดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง การนำเสนอ โดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก จนไม่สามารถตรวจได้โดยใช้เครื่องจรวจการนำไฟฟ้าได้ ต้องใช้แอมมิเตอร์ในการทดสอบ ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา $H_2O\ (aq) + H_2O\ (aq) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + HO^-\ (aq)$ ตามทฤษฎีของเบรินสเตต–ลาวรี กล่าวว่าน้ำทำหน้าที่เป็นทั้งกรดและเบส ไอออนที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของน้ำนั้นจะมีการถ่ายเทโปรตอนกันเอง โมเลกุลของน้ำที่เสีย H^+ จะเปลี่ยนเป็น OH^- ซึ่งมีประจุลบและโมเลกุลของน้ำที่ได้รับ H^+ จะเปลี่ยนเป็น H_3O^+ ซึ่งมีประจุบวก น้ำที่อุณหภูมิสูงแตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ภาพประกอบ 20 แสดงการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้น แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ ที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษสีเข้มสด คละสี ให้เห็นความแตกต่าง โดยใช้ปากกาเมจิกแสดงการถ่ายโอนไอออนของสารละลายในปฏิกิริยา ในเนื้อหา น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก จนไม่สามารถตรวจได้โดยใช้เครื่องจรวจการนำไฟฟ้าได้ ต้องใช้แอมมิเตอร์ในการทดสอบ ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา H_2O (aq) + H_2O (aq) $\rightleftharpoons$ H_3O^+ (aq) + HO^- (aq) ตามทฤษฎีของเบรินสเตต–ลาวรี กล่าวว่า น้ำทำหน้าที่เป็นทั้งกรดและเบส ไอออนที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของน้ำนั้นจะมีการถ่ายเทโปรตอนกันเอง โมเลกุลของน้ำที่เสีย H^+ จะเปลี่ยนเป็น OH^- ซึ่งมีประจุลบและโมเลกุลของน้ำที่ได้รับ H^+ จะเปลี่ยนเป็น H_3O^+ ซึ่งมีประจุบวก น้ำที่อุณหภูมิสูงแตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้าง

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี จากการตัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน นักเรียนต้องมีการสร้างแบบจำลองตามความคิดตามองค์ประกอบของทักษะที่ 14 ทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองทางความคิด กาสร้างแบบจำลอง การนำเสนอ นักเรียนต้องใช้เวลาในการเปรียบเทียบความเหมือนความต่าง พร้อมทั้งการอธิบาย อภิปรายระหว่างกลุ่ม มีข้อจำกัดในเรื่องเวลา นำไปสู่การปรับแก้ไขแบบจำลอง หากมีการปรับให้มีการสร้างแบบจำลองก่อน จะทำให้การนำเสนอแนวคิดระว่างกลุ่มควบคู่ไปกับการปรับปรุงแบบจำลองไปด้วยและใช้การสร้างแบบจำลองทางความคิดเป็นองค์ประกอบในการสรุปอย่างถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1–4 ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง สรุปดังนี้

ตาราง 6 แสดงผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนที่	ผลการสังเกตพฤติกรรม	ประเด็น
1	นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี ขั้นตอนการดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในการปฐมนิเทศในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ต้องใช้เวลามากกับการอธิบายทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้งกับแนวคิด ทฤษฎี แนวทางปฏิบัติการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งฝึกปฏิบัติให้เกิดความเข้าใจ	ทบทวนทฤษฎี แนวทางปฏิบัติการสร้างแบบจำลอง

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	ผลการสังเกตพฤติกรรม	ประเด็น
2	นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี การประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนส่วนใหญ่ตัดสินใจเลือกการนำเสนอผ่านแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง การแสดงขั้นตอนการทดลองด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษสีเข้มสด คละสี ให้เห็นความแตกต่าง โดยใช้ปากกาเมจิกแสดงการถ่ายโอนไอออนของสารละลายในปฏิกิริยา หลังจากที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองทางความคิดผ่านการนำผลการทดลองมาประกอบการสร้างแบบจำลองทางวิทาศาสตร์ และดำเนินการสร้าง เมื่อมีการประเมินและแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง บางกลุ่มมีความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองหลายจุด การกลับมาแก้ไขให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทำได้ยาก เพราะติดกาวเรียบร้อย	เลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมต่อการการประเมินแบบจำลองการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (ดินน้ำมัน)
3	นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี การเปรียบความเหมือน ความแตกต่างระหว่างปรากฏการณ์ที่ศึกษากับแบบจำลองทางความคิด นักเรียนต้องมีการซักถาม อภิปรายระหว่างกลุ่มในการนำเสนอผลการทดลองและสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยครูผู้สอนคอยกำกับดูแลในการสรุปประเด็นอภิปรายให้ยุติอย่างลงตัว จึงต้องมีการเพิ่มรายละเอียดตารางการเปรียบความเหมือน ความแตกต่างให้มีหัวข้อแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพื่อที่จะให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองที่สร้างขึ้นสู่การนำเสนอและขยายแบบจำลอง	เพิ่มรายละเอียดตารางการเปรียบความเหมือนความแตกต่างให้มีหัวข้อแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ตาราง 6 (ต่อ)

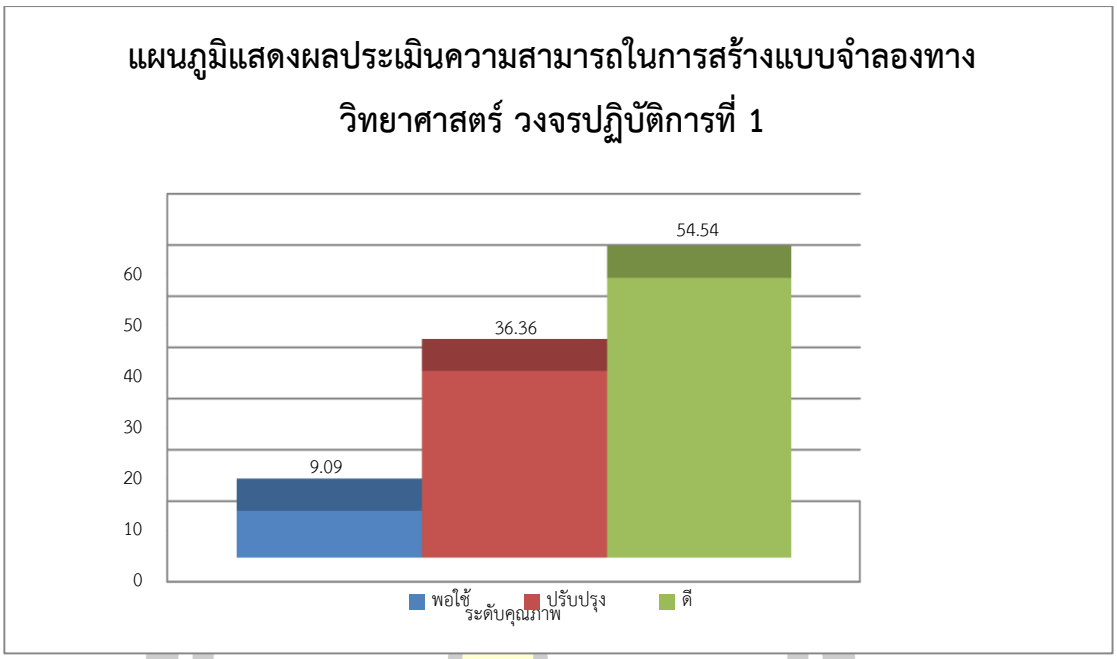
แผนที่	ผลการสังเกตพฤติกรรม	ประเด็น
4	นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี จากการตัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน นักเรียนต้องมีการสร้างแบบจำลองตามความคิด ตามองค์ประกอบของทักษะที่ 14 ทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองทางความคิด กาสร้างแบบจำลอง การนำเสนอ นักเรียนต้องใช้เวลาในการเปรียบเทียบความเหมือนความต่าง พร้อมทั้งการอธิบาย อภิปรายระหว่างกลุ่ม มีข้อจำกัดในเรื่องเวลา นำไปสู่การปรับแก้ไขแบบจำลอง หากมีการปรับให้มีการสร้างแบบจำลองก่อน จะทำให้การนำเสนอแนวคิดระว่างกลุ่มควบคู่ไปกับการปรับปรุงแบบจำลองไปด้วยและใช้การสร้างแบบจำลองทางความคิดเป็นองค์ประกอบในการสรุปอย่างถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ปรับลำดับองค์ประกอบของทักษะที่ 14 ทักษะการสร้างแบบจำลอง กาสร้างแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองทางความคิด การนำเสนอ

3. ผลการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากผลการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1–4 โดยวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีไว้ที่ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45 ปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1

ที่	นักเรียน	รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	แปลผล
1	คนที่ 1	17	1.42	0.67	47.22	พอใช้*
2	คนที่ 2	14	1.17	0.58	38.89	ปรับปรุง*
3	คนที่ 3	7	0.58	0.90	19.44	ปรับปรุง*
4	คนที่ 4	25	2.08	0.51	69.44	ดี
5	คนที่ 5	14	1.17	0.58	38.89	ปรับปรุง*
6	คนที่ 6	28	2.33	0.49	77.78	ดี
7	คนที่ 7	26	2.17	0.39	72.22	ดี
8	คนที่ 8	12	1.00	0.60	33.33	ปรับปรุง*
9	คนที่ 9	12	1.00	0.74	33.33	ปรับปรุง*
10	คนที่ 10	23	1.92	0.51	63.89	ดี
11	คนที่ 11	28	2.33	0.65	77.78	ดี
12	คนที่ 12	27	2.25	0.45	75.00	ดี
13	คนที่ 13	29	2.42	0.67	80.56	ดี
14	คนที่ 14	11	0.92	0.51	30.56	ปรับปรุง*
15	คนที่ 15	24	2.00	0.43	66.67	ดี
16	คนที่ 16	12	1.00	0.74	33.33	ปรับปรุง*
17	คนที่ 17	24	2.00	0.60	66.67	ดี
18	คนที่ 18	15	1.25	0.75	41.67	พอใช้*
19	คนที่ 19	23	1.92	0.29	63.89	ดี
20	คนที่ 20	24	2.00	0.43	66.67	ดี
21	คนที่ 21	11	0.92	0.67	30.56	ปรับปรุง*
22	คนที่ 22	24	2.00	0.60	66.67	ดี
รวม		430.00	35.83	12.77	1194.44	
เฉลี่ย		19.55	1.63	0.58	54.29	

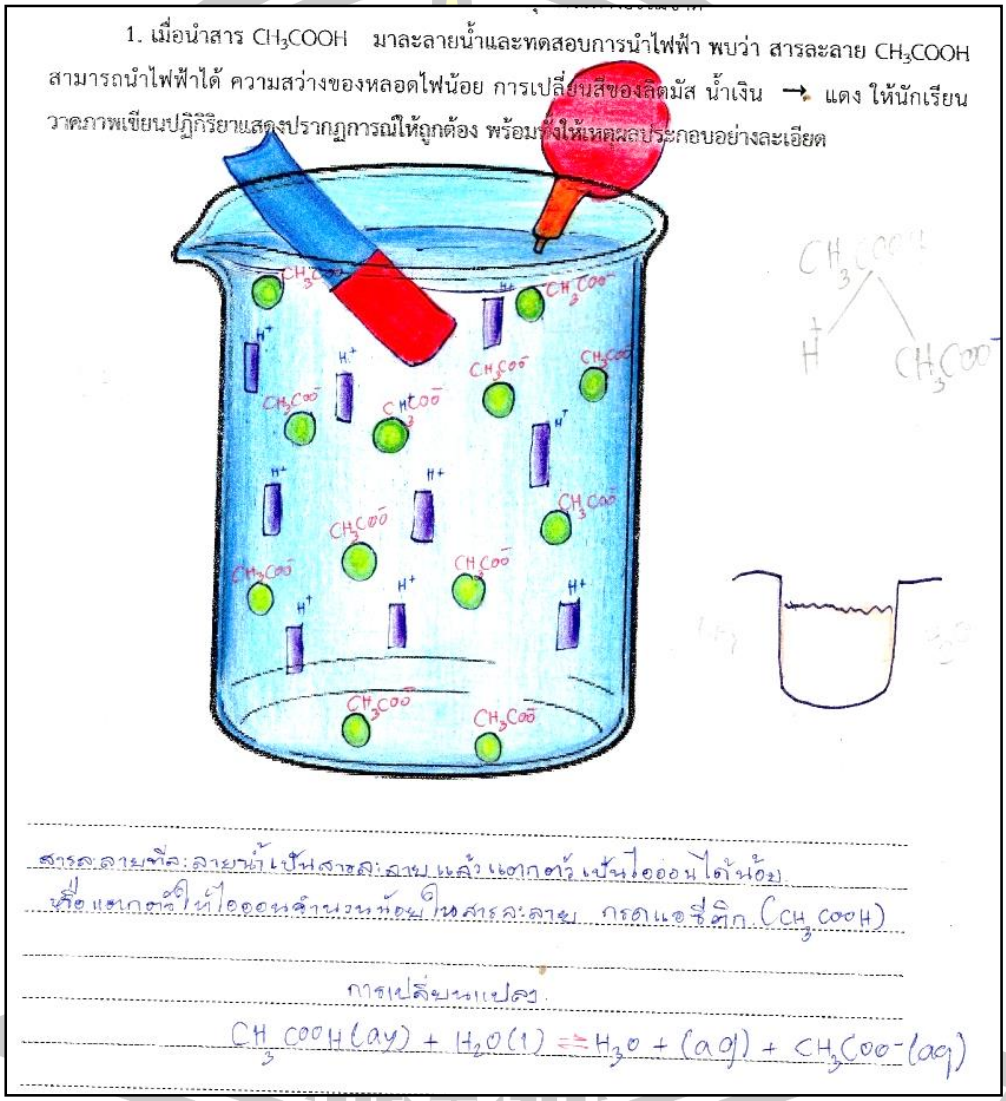


ภาพประกอบ 21 แสดงแผนภูมิผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีไว้ที่ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

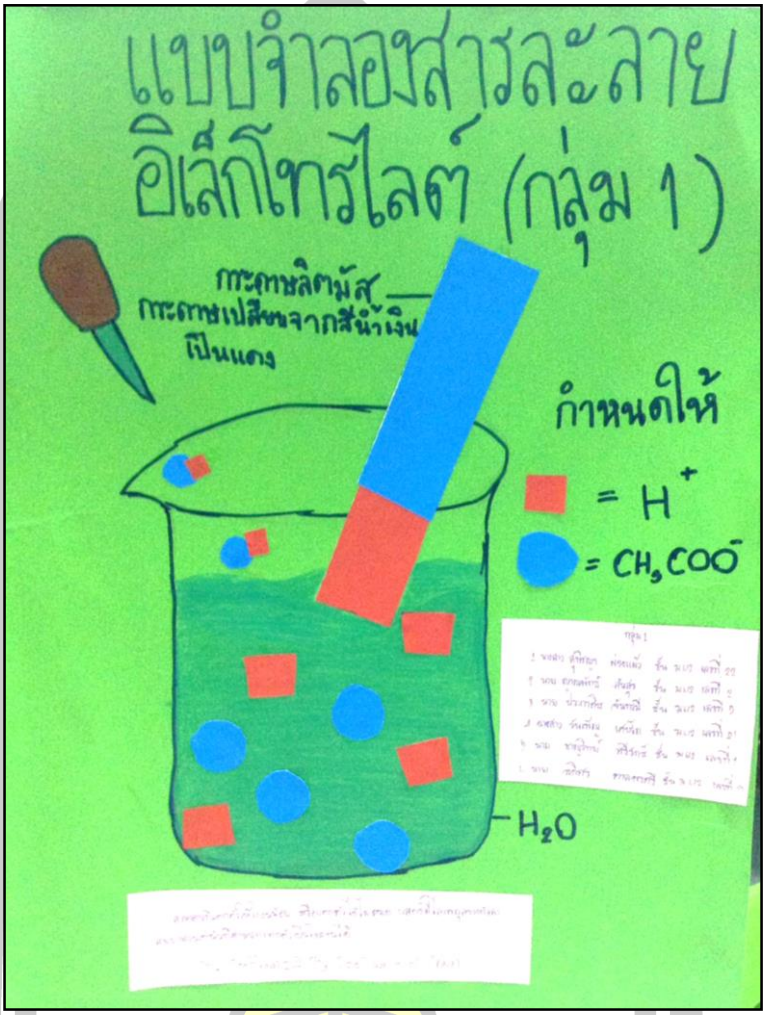
ตัวอย่างผลงานนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 ตามองค์ประกอบทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ

1. การสร้างแบบจำลองทางความคิด

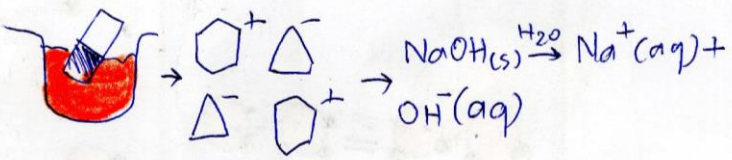


พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

2. การสร้างแบบจำลอง



3. การนำเสนอ

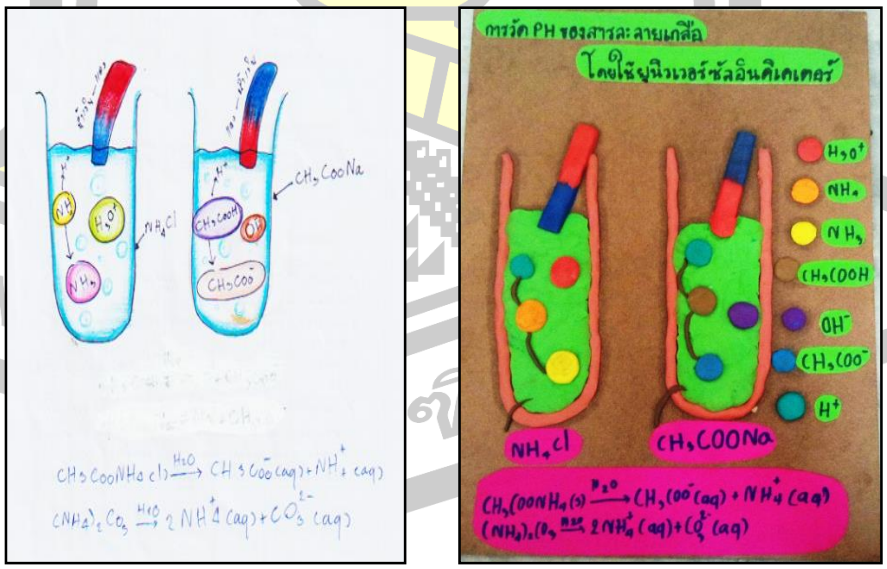
2. การอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3 ระดับ 2.1 ระดับมหภาค 2.2 ระดับจุลภาค 2.3 ระดับสัญลักษณ์	

วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-8

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกิริยาของกรดและเบส : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง ปฏิกิริยาของกรดและเบส : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ การนำเสนอโดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ สารละลายของเกลือต่าง ๆ มี pH ไม่เท่ากัน สารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นกลาง สารละลาย HCl มีสมบัติเป็นกรดและสารละลาย CH_3COONa มีสมบัติเป็นเบส ซึ่งอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเขียนดังสมการการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้ $CH_3COONH_4\ (s) \rightarrow CH_3COO^-\ (aq) + NH_4^+\ (aq)$ ส่วน $(NH_4)_2CO_3$ ก็เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ เนื่องจาก $(NH_4)_2CO_3$ ละลายน้ำจะแตกตัวให้ NH_4^+ กับ CO_3^{2-} และไอออนทั้งสองทำปฏิกิริยากับน้ำ เกลือที่เกิดจากไอออนของกรดแก่กับไอออนของเบสแก่จะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ จึงไม่เกิดปฏิกิริยายาไฮโดรลิซิส ส่วนเกลือที่เกิดจากไอออนของกรดอ่อนหรือเบสอ่อนจะทำปฏิกิริยากับน้ำจึงเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้



ภาพประกอบ 22 แสดงแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้นแสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการใช้ดินน้ำมันคละสี ปั้นในรูปร่างต่าง ๆ แทนปรากฏการณ์ในการทดลองในระดับจุลภาค กำกับด้วยป้ายชื่อ สัญลักษณ์ แสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาในเนื้อหา น้ำคือ สารละลายของเกลือต่าง ๆ มี pH ไม่เท่ากัน สารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นกลาง สารละลาย HCl มีสมบัติเป็นกรดและสารละลาย CH_3COONa มีสมบัติเป็นเบส ซึ่งอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเขียนดังสมการการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังนี้

$$CH_3COONH_4\ (s) \rightarrow CH_3COO^-\ (aq) + NH_4^+\ (aq)$$

$$CH_3COO^-\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COOH\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

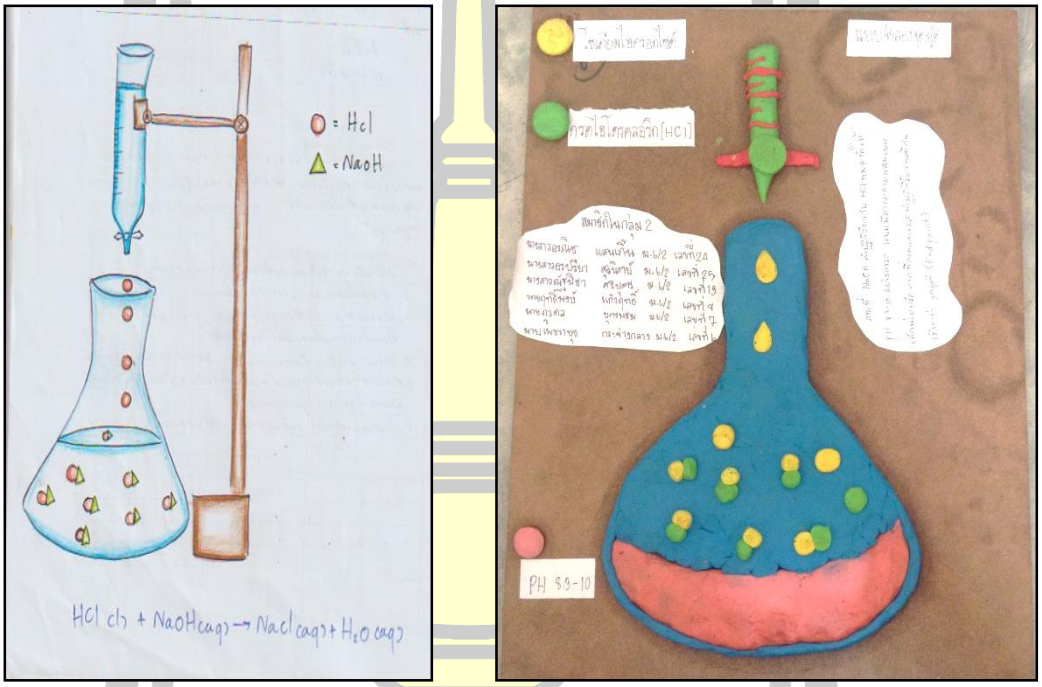
$$NH_4^+\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons NH_3\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$$

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า หลังจากที่มีการปรับลำดับองค์ประกอบของทักษะที่ 14 ทักษะการสร้างแบบจำลองกาสร้างแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองทางความคิด การนำเสนอทำให้นักเรียนหลังจากลงมือทำการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ทุกคนภายในกลุ่มช่วยกันออกแบบแบบจำลองโดยใช้ดินน้ำมัน ทุกคนมีบทบาทในการกำหนดสี รูปร่าง รวมทั้งการปรับเพิ่มรายละเอียดตารางการเปรียบความเหมือน ความแตกต่างให้มีหัวข้อแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนสามารถอภิปรายพร้อมการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในระยะเวลาที่กำหนดได้ในการขยายแบบจำลอง นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลองการร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง สร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ การนำเสนอ โดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับ

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ ก่อนทำการไททรต วัดpH ของสารละลาย HCl ได้เท่ากับ 1 เมื่อหยดสารละลาย NaOH ลงจะทำให้ปริมาณ HCl ลดลง pH ของสารละลายจึงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร แลดงว่าสารละลาย HCl เข้าทำปฏิกิริยาหมด การไทเทรตถึงจุดยุติแล้ว การไทเทรตระหว่างสารละลาย HCl และสารละลาย NaOH จุดยุติควรมี pH เท่ากับ 7 พอดีแต่การเลือกใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (ช่วงเปลี่ยนสีมี pH ประมาณ 8) แสดงว่าในสารละลายมีเบสเกินไปเล็กน้อย ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา HCl (aq) + NaOH (aq) → NaCl (aq) + H_2O(aq)



ภาพประกอบ 23 แสดงแบบจำลอง เรื่อง การไทเทรต

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้นแสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ ที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการใช้ดินน้ำมันคละสี ปั้นในรูปร่างต่าง ๆ แทนปรากฏการณ์ในการทดลองในระดับจุลภาค กำกับด้วยป้ายชื่อ สัญลักษณ์ แสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยา ในเนื้อหา การไทเทรตระหว่างสารละลาย HCl และสารละลาย NaOH จุดยุติควรมี pH เท่ากับ 7 พอดีแต่การเลือกใช้ฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (ช่วงเปลี่ยนสีมี pH ประมาณ 8) แสดงว่าในสารละลายมีเบสเกินไปเล็กน้อย ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา

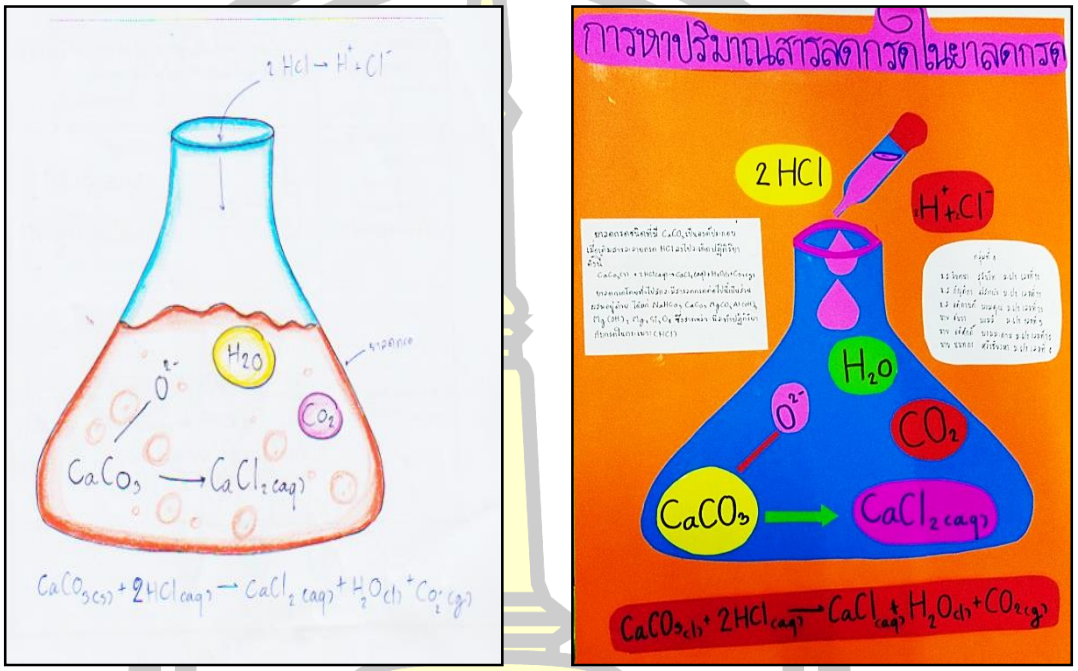
$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow NaCl\ (aq) + H_2O(aq)$$

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า หลังจากมีการปรับปรุงตารางการเปรียบเทียบเปลี่ยนวัสดุการสร้างแบบจำลอง และการสลับขั้นตอนขององค์ประกอบเรียบร้อยแล้วนั้น ทำให้การเชื่อมโยงในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น สามารถอธิบายสิ่งที่เห็นจากการทดลองการเปลี่ยนแปลงของการทดลอง สี กลิ่น ตะกอน นำไปสู่การสร้างแบบจำลองเพื่ออภิปรายในระดับจุลภาค สิ่งที่นักเรียนมองไม่เห็น ที่อาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่และการทดลอง เนื้อหาที่เรียน เขียนสัญลักษณ์ทางเคมีจากการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์ สอดคล้องกับระดับมหภาคและจุลภาคได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมทั้งระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พร้อมทั้ง แนวทางปรับปรุงพัฒนา แบบจำลอง และแบบจำลองทางความคิดอย่างเหมาะสมครบถ้วน

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง อินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง อินดิเคเตอร์กับการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวันโดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้างสร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ การนำเสนอ โดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ ยาลดกรดมีหลายสูตร มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่สองตัว คือ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ $Mg(OH)_2$ และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) ส่วนใหญ่เข้าใจว่าต้องเป็นเบส เพื่อที่จะได้สามารถสะเทินกรด HCl ในกระเพาะอาหาร ดังนั้น ถ้าละลายยาลดกรดด้วยสารละลาย HCl ที่มากเกินพอ แล้วนำมาไทเทรตหาว่าเหลือ HCl อยู่ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อย แต่เมื่อละลายแล้วจะแตกตัวได้ 100% ดังนั้น จึงจัดได้ว่าแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เป็นเบสแก่ ตัวที่ทำให้เกิดปัญหาคืออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งสารประกอบตัวนี้ในภาวะที่เป็นกรดจะแสดงฤทธิ์เป็นเบสโดยการถ่ายโอนไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) แต่ในภาวะที่เป็นเบสจะแสดงฤทธิ์เป็นกรด โดยสร้างพันธะกับไฮดรอกไซด์ไอออนกลายเป็นสารประกอบ $Al(OH)_4^+$

สารประกอบประเภทนี้เราเรียกว่า amphoteric ยาลดกรดชนิดที่มี $CaCO_3$ เป็นองค์ประกอบ เมื่อเติมสารละลายกรด HCl ลงไป ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$



ภาพประกอบ 24 แสดงแบบจำลอง เรื่อง การประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรตในชีวิตประจำวัน

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้นแสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการใช้ดินน้ำมันคละสี ปั้นในรูปร่างต่าง ๆ แทนปรากฏการณ์ในการทดลองในระดับจุลภาค กำกับด้วยป้ายชื่อ สัญลักษณ์ แสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยา ในเนื้อหา ยาลดกรดมีหลายสูตร มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่สองตัวคือ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ $Mg(OH)_2$ และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ $(Al(OH)_3)$ ส่วนใหญ่เข้าใจว่าต้องเป็นเบส เพื่อที่จะได้สามารถสะเทินกรด HCl ในกระเพาะอาหาร ดังนั้น ถ้าละลายยาลดกรดด้วยสารละลาย HCl ที่มากเกินพอแล้วนำมาไทเทรตหาว่าเหลือ HCl อยู่ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อย แต่เมื่อละลายแล้วจะแตกตัวได้ 100% แต่ในภาวะที่เป็นเบสจะแสดงฤทธิ์เป็นกรด โดยสร้างพันธะกับไฮดรอกไซด์ไอออนกลายเป็นสารประกอบ $Al(OH)_4^+$ สารประกอบ

ประเภทนี้ เรียกว่า amphoteric ยาลดกรดชนิดที่มี $CaCO_3$ เป็นองค์ประกอบ เมื่อเติมสารละลายกรด HCl ลงไป ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

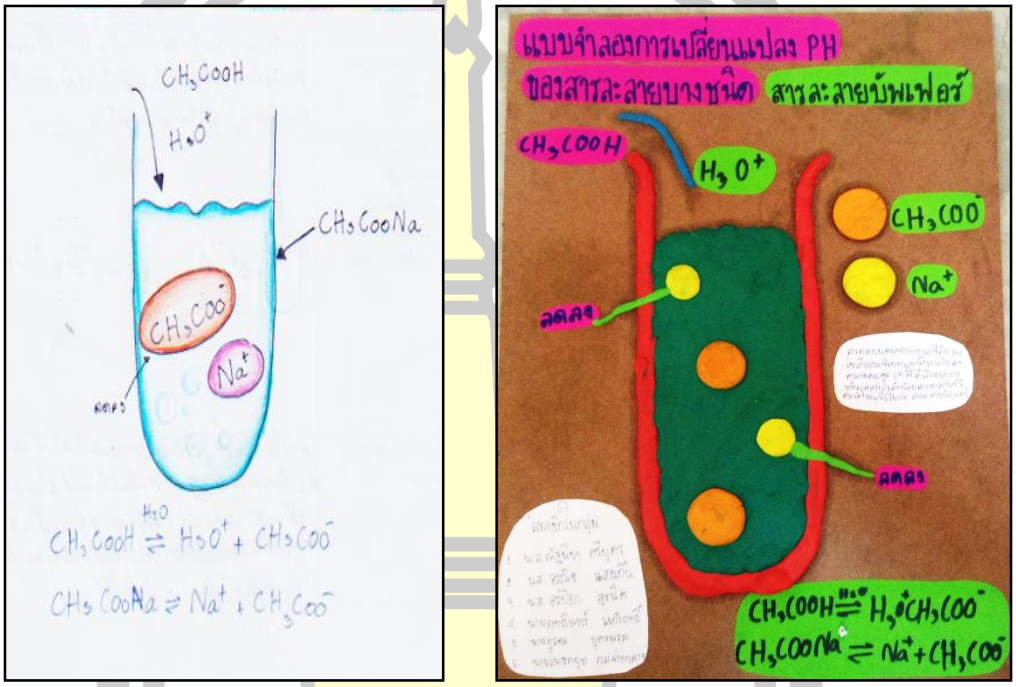
ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การนำเข้าสู่บทเรียนโดยการยกสถานการณ์และเรียนรู้เรื่องใกล้ตัวที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์ทำให้กระตุ้นการเรียนรู้เป็นอย่างมาก นักเรียนสนใจในสรรพคุณและตื่นเต้นในบทเรียนที่นักเรียนกำลังเรียน ซึ่งเป็นยาที่รักษาโรค ทำให้การอธิบาย การเตรียมการออกแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองทาวความคิดถูกแบ่งภาระหน้าที่ในแต่ละกลุ่มอย่างรวดเร็ว ทุกคนมีงานที่รับผิดชอบ รวมทั้งการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรต (ยาลดกรด) ในชีวิตประจำวัน เป็นการนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลง แล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการอื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ได้

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยมีองค์ประกอบ คือ ทักษะการเปรียบเทียบแบบจำลอง การร่างต้นแบบการเลือกวัสดุ–อุปกรณ์ และความคงทน/ระยะเวลาในการสร้าง สร้างแบบจำลองทางความคิดโดยมีองค์ประกอบ คือ รูปภาพแบบจำลอง การอธิบายแนวคิดเหตุผล ระบุคำสำคัญ/สัญลักษณ์และสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ การนำเสนอ โดยมีองค์ประกอบ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์และข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ สารละลายที่ได้จากการผสมของกรดอ่อนกับคู่เบสของกรดนั้น หรือเบสอ่อนกับคู่กรดของเบสนั้น จะได้สารละลายที่มีไอออนร่วม เช่น CH_3COOH กับ CH_3COO^- หรือ NH_3 กับ NH_4^+ หน้าที่สำคัญของสารละลายบัฟเฟอร์ คือเป็นสารละลายที่ใช้ควบคุมความเป็นกรดและเบสของสารละลายเพื่อไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากเมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย นั่นคือ สามารถรักษาระดับ pH ของสารละลายไว้ได้เกือบคงที่เสมอแม้ว่าจะเติมน้ำหรือเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย ก็ไม่ทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เพราะในสารละลายบัฟเฟอร์จะมีสารหรือไอออนที่ทำหน้าที่คอยควบคุมความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- ในระบบให้คงที่ น้ำทะเลเป็นบัฟเฟอร์ที่มีองค์ประกอบซับซ้อนมาก สารและไอออนที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุม pH

ของน้ำทะเลได้แก่ กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ไฮโดรเจนคาร์บอเนต ไอออน (HCO_3^-) และคาร์บอเนต ไอออน (CO_3^{2-})ถ้าเติมกรดลงในน้ำทะเล pH จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เพราะ H_3O^+ ในกรดที่เพิ่มลงไปจะทำปฏิกิริยา กับ ไอออน (HCO_3^-, CO_3^{2-} ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา

$$HF(aq) + NaOH_{(}aq) \rightleftharpoons NaF(aq) + H_2O(l)$$



ภาพประกอบ 25 แสดงแบบจำลอง เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

จากตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ ที่แสดงด้วยภาพวาดข้างต้นแสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามผลการทดลองพร้อมนำเสนอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการที่มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการใช้ดินน้ำมันคละสี ปั้นในรูปร่างต่าง ๆ แทนปรากฏการณ์ในการทดลองในระดับจุลภาค กำกับด้วยป้ายชื่อ สัญลักษณ์ แสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยา ในเนื้อหา สารละลายที่ได้จากการผสมของกรดอ่อนกับคู่เบสของกรดนั้น หรือเบสอ่อนกับคู่กรดของเบสนั้น จะได้สารละลายที่มีไอออนร่วม เช่น CH_3COOH กับ CH_3COO^- หรือ NH_3 กับ NH_4^+ หน้าที่สำคัญของสารละลายบัฟเฟอร์ คือเป็นสารละลายที่ใช้ควบคุมความเป็นกรดและเบสของสารละลายเพื่อไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากเมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปเล็กน้อย นั่นคือ สามารถรักษาระดับ pH ของสารละลายไว้ได้เกือบคงที่เสมอแม้ว่าจะเติมน้ำหรือเติมกรดหรือเบสลงไป

เล็กน้อย ก็ไม่ทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เพราะในสารละลายบัฟเฟอร์จะมีสารหรือไอออนที่ทำหน้าที่คอยควบคุมความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- ในระบบให้คงที่ ดังสมการการเกิดปฏิกิริยา

$$HF(aq) + NaOH(aq) \rightleftharpoons NaF(aq) + H_2O(l)$$

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีองค์ประกอบ คือ 1. การสร้างแบบจำลอง 2. การสร้างแบบจำลองทางความคิด 3. การนำเสนอ (ปรับจากวงจรปฏิบัติการที่ 1) ทุกองค์ประกอบมีความสำคัญ และมีความหมายต่อการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนมีข้อจำกัดในการเรียนในพื้นฐานการเรียน ความพร้อมและการปรับตัวในบริบทโรงเรียนประจำทำให้ครู ต้องคอยให้คำแนะนำมากกว่าปกติ เพื่อส่งเสริมการคิดจากเรื่องใกล้ตัวก่อน จึงเปลี่ยนเป็นเรื่องที่เป็นนามธรรม แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ส่งเสริมจินตนาการสิ่งที่เห็นจากปรากฏการณ์ (การทดลอง) โดยการแสดงตัวแทนความคิดแทน อะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคของสารในการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง

2. ผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5–8 ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง สรุปดังนี้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 8 แสดงผลการสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนที่	ผลการสังเกตพฤติกรรม	ประเด็น
5	หลังจากที่มีการปรับลำดับองค์ประกอบของทักษะที่ 14 ทักษะการสร้างแบบจำลองกาสร้างแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองทางความคิด การนำเสนอ ทำให้นักเรียนหลังจากลงมือทำการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ทุกคนภายในกลุ่มช่วยกันออกแบบแบบจำลองโดยใช้ดิน น้ำมันทุกคนมีบทบาทในการกำหนดสี รูปร่าง รวมทั้งการปรับเพิ่มรายละเอียดตารางการเปรียบความเหมือน ความแตกต่างให้มีหัวข้อแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนสามารถการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในระยะเวลาที่กำหนดได้ มีความเข้าใจมากขึ้นในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์	การขยายแบบจำลอง นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์
6	หลังจากมีการปรับปรุงตารางการเปรียบเทียบ เปลี่ยนวัสดุการสร้างแบบจำลอง และการสลับขั้นตอนขององค์ประกอบเรียบร้อยแล้วนั้น ทำให้การเชื่อมโยงในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น สามารถอธิบายสิ่งที่เห็นจากการทดลองการเปลี่ยนแปลงของการทดลอง สี กลิ่น ตะกอน นำไปสู่การสร้างแบบจำลองเพื่ออภิปรายในระดับจุลภาค สิ่งที่นักเรียนมองไม่เห็น ที่อาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่และการทดลอง เนื้อหาที่เรียน เขียนสัญลักษณ์ทางเคมีจากการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์ สอดคล้องกับระดับมหภาคและจุลภาคได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมทั้งระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พร้อมทั้ง แนวทางปรับปรุงพัฒนา แบบจำลองและแบบจำลองทางความคิดอย่างเหมาะสม ครบถ้วน	ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พร้อมทั้ง แนวทางปรับปรุงพัฒนาแบบจำลอง

ตาราง 8 (ต่อ)

แผนที่	ผลการสังเกตพฤติกรรม	ประเด็น
7	การนำเข้าสู่บทเรียนโดยการยกสถานการณ์และเรียนรู้เรื่องใกล้ตัวที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์ทำให้กระตุ้นการเรียนรู้เป็นอย่างมาก นักเรียนสนใจในสรรพคุณและตื่นเต้นในบทเรียนที่นักเรียนกำลังเรียน ซึ่งเป็นยาที่รักษาโรค ทำให้การอธิบาย การเตรียมการออกแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองทาวความคิดถูกแบ่งภาระหน้าที่ในแต่ละกลุ่มอย่างรวดเร็ว ทุกคนมีงานที่รับผิดชอบ รวมทั้งการประยุกต์ใช้วิธีการไทเทรต (ยาลดกรด) ในชีวิตประจำวัน เป็นการนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการอื่นๆหรือสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อเละเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากการณ์ได้	นักเรียนสนใจในใน บทเรียน การขยายแบบจำลอง
8	จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีองค์ประกอบ คือ 1. การสร้างแบบจำลอง 2. การสร้างแบบจำลองทางความคิด 3. การนำเสนอ (ปรับจากวงจรปฏิบัติการที่ 1) ทุกองค์ประกอบมีความสำคัญ และมีความหมายต่อการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนมีข้อจำกัดในการเรียนในพื้นฐานการเรียน ความพร้อมและการปรับตัวในบริบทโรงเรียนประจำ ทำให้ครูต้องคอยให้คำแนะนำมากกว่าปกติ เพื่อส่งเสริมการคิดจากเรื่องใกล้ตัวก่อน จึงเปลี่ยนเป็นเรื่องที่เป็นนามธรรม แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ส่งเสริมจินตนาการสิ่งที่เห็นจากปรากฏการณ์ (การทดลอง) โดยการแสดงตัวแทนความคิดแทน อะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคของสารในการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง	บริบทโรงเรียนประจำ ทำให้ครู ต้องคอยให้คำแนะนำ เพื่อส่งเสริมการคิดจากเรื่องใกล้ตัวสู่นามธรรม ที่มีความซับซ้อน

3. ผลการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

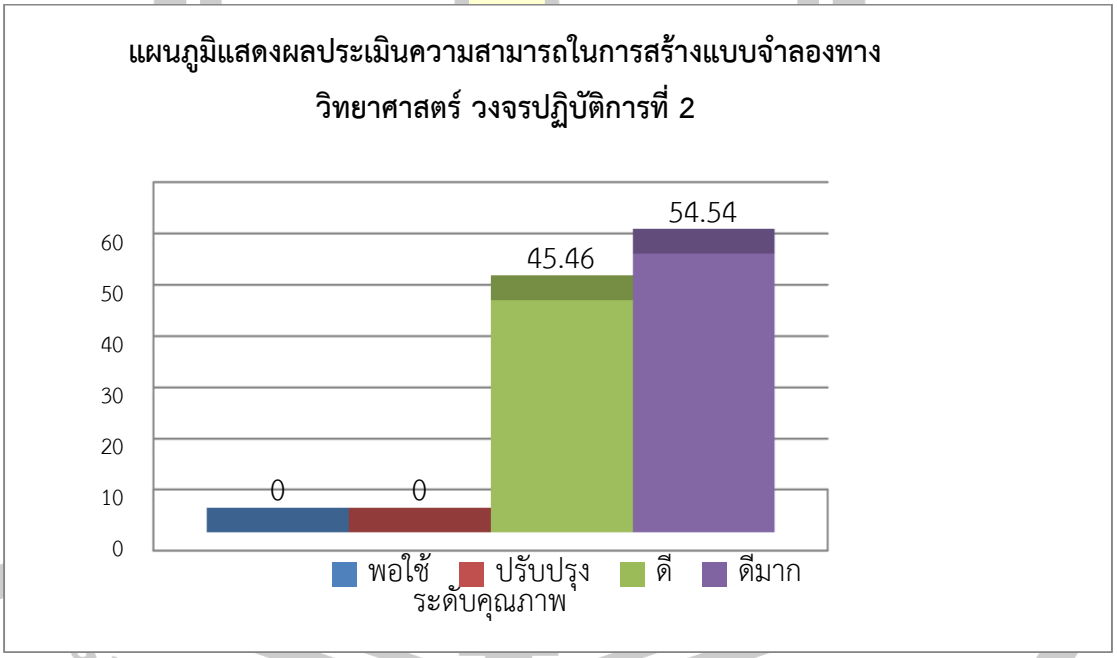
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากผลการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-8 โดยวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีไว้ที่ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100 ปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2

ที่	นักเรียน	รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	แปลผล
1	คนที่ 1	29	2.42	0.51	80.56	ดี
2	คนที่ 2	29	2.42	0.51	80.56	ดี
3	คนที่ 3	24	2.00	0.74	66.67	ดี
4	คนที่ 4	31	2.58	0.51	86.11	ดี
5	คนที่ 5	29	2.42	0.51	80.56	ดี
6	คนที่ 6	35	2.92	0.29	97.22	ดีมาก
7	คนที่ 7	31	2.58	0.51	86.11	ดีมาก
8	คนที่ 8	29	2.42	0.51	80.56	ดี
9	คนที่ 9	27	2.25	0.45	75.00	ดี
10	คนที่ 10	31	2.58	0.51	86.11	ดีมาก
11	คนที่ 11	35	2.92	0.29	97.22	ดีมาก
12	คนที่ 12	30	2.50	0.52	83.33	ดีมาก
13	คนที่ 13	31	2.58	0.51	86.11	ดีมาก
14	คนที่ 14	27	2.25	0.45	75.00	ดี
15	คนที่ 15	29	2.42	0.51	80.56	ดี
16	คนที่ 16	28	2.33	0.49	77.78	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

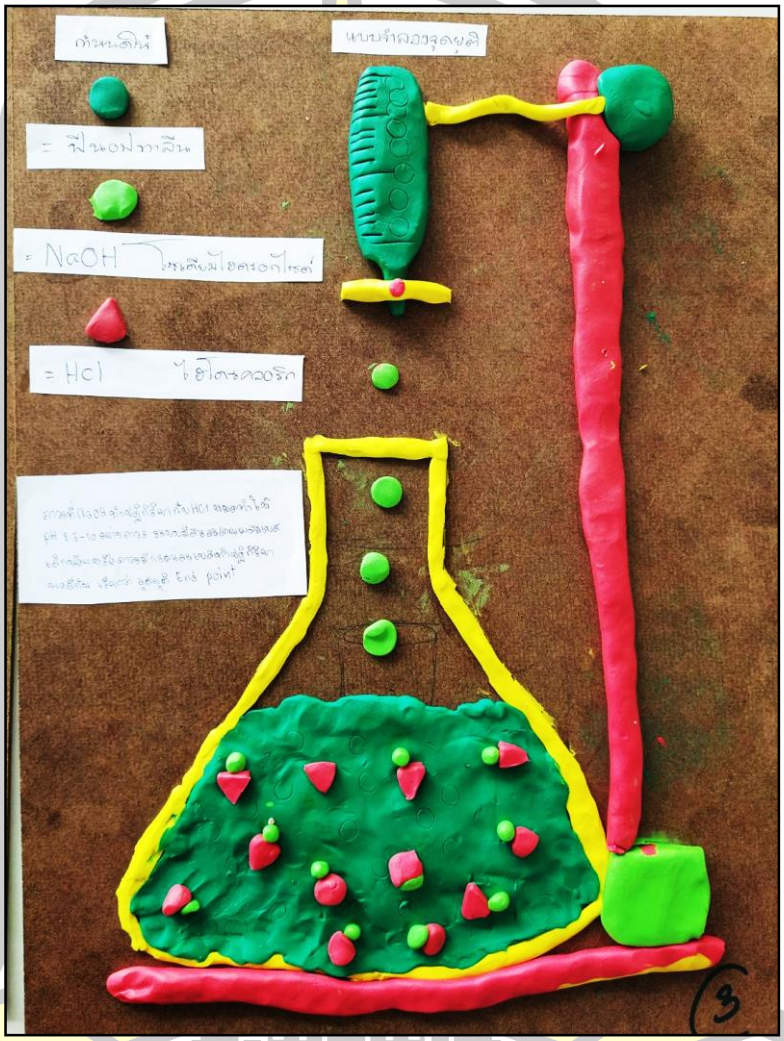
ที่	นักเรียน	รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	แปลผล
17	คนที่ 17	31	2.58	0.51	86.11	ดีมาก
18	คนที่ 18	29	2.42	0.51	80.56	ดี
19	คนที่ 19	28	2.33	0.49	77.78	ดี
20	คนที่ 20	30	2.50	0.52	83.33	ดีมาก
21	คนที่ 21	30	2.50	0.52	83.33	ดีมาก
22	คนที่ 22	34	2.83	0.39	94.44	ดีมาก
รวม		657.00	54.75	10.83	1825.00	
เฉลี่ย		29.86	2.49	0.49	82.95	



ภาพประกอบ 26 แสดงผลประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีไว้ที่ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80

ตัวอย่างผลงานนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2 ตามองค์ประกอบทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ

1. การสร้างแบบจำลอง

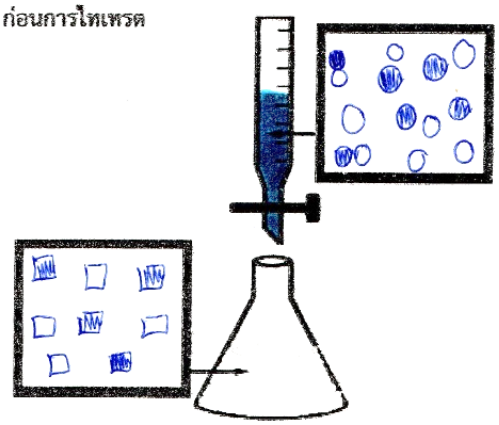


พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

2. การสร้างแบบจำลองทางความคิด

2. การไทเทรตสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยอินดิเคเตอร์ที่ใช้ คือฟีนอลฟ์ธาลีน ให้นักเรียนระบุสารที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมของบิวเรตและขวดรูปชมพู่ ก่อนการไทเทรต, ที่จุดยุติ, และหลังจุดยุติ ตามลำดับ ว่ามีสารที่อยู่ภายในมีลักษณะอย่างไร (ไม่ต้องระบุอินดิเคเตอร์) ให้นักเรียนวาดภาพ เขียนปฏิกิริยาแสดงปรากฏการณ์ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบอย่างละเอียด

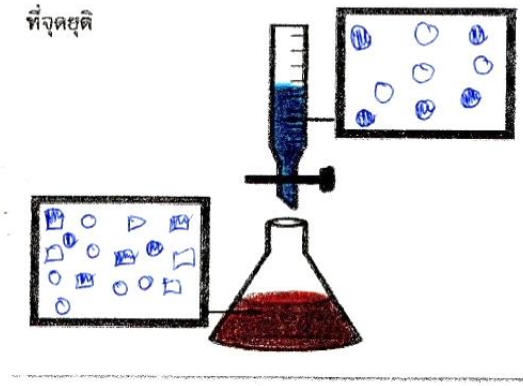
ก่อนการไทเทรต



1. จุดเริ่มต้น ก่อนการไทเทรตสอดคล้อง กับภาพที่แสดง สัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+ OH^- บรรจุในบิวเรตท์ และ H^+ Cl^- บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยสารทั้งสองยังไม่ผสมกันหรือทำปฏิกิริยากัน

2. ถึงจุดยุติ สอดคล้องกับภาพที่แสดงสัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+ OH^- บรรจุในบิวเรตท์ และ H^+ Cl^- บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยที่ในขวดรูปชมพู่มี Na^+ และ OH^- เป็นส่วนใหญ่ และมีไอออนอื่นๆ น้อยกว่าปริมาณ H^+ และ Cl^- ที่บรรจุอยู่

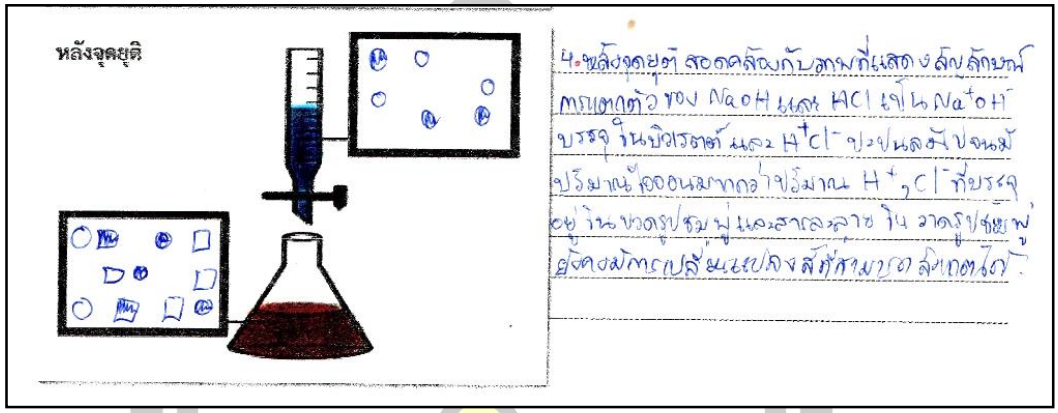
ที่จุดยุติ

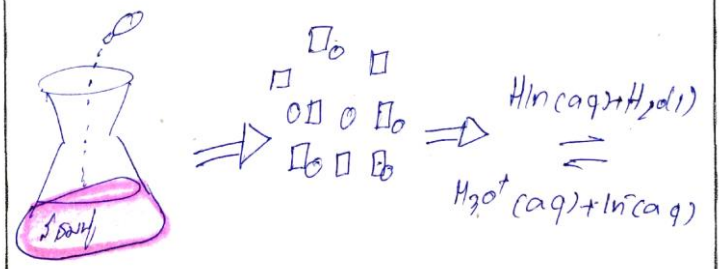


3. ที่จุดยุติ สอดคล้องกับภาพที่แสดงสัญลักษณ์การแตกตัวของ NaOH และ HCl เป็น Na^+ OH^- บรรจุในบิวเรตท์ และ H^+ Cl^- บรรจุอยู่เป็นขวดรูปชมพู่ โดยที่ในขวดรูปชมพู่มี Na^+ และ OH^- เป็นส่วนสัดส่วนในขวดรูปชมพู่จนมีปริมาณไอออนเท่ากับปริมาณ H^+ และ Cl^- ที่บรรจุอยู่ และสารละลายในขวดรูปชมพู่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอินดิเคเตอร์ ซึ่งสามารถสังเกตได้

พหูน ปณฑิโต ชีเว

3. การนำเสนอ



2. การอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3 ระดับ 2.1 ระดับมหภาค 2.2 ระดับจุลภาค 2.3 ระดับสัญลักษณ์	

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ ใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามลักษะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะไว้ดังต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

สรุปผล

ผลการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากผลการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน วงจรปฏิบัติการที่ 1 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดีร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100

อภิปรายผล

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100 นักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยความกระตือรือร้น สนุกสนานในการเรียน มีความตั้งใจในการปฏิบัติกิจกรรมเริ่มต้นตั้งแต่ การสร้างแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองทางความคิดและการนำเสนอ และได้เรียนรู้วิธีการค้นหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยกิจกรรมกลุ่มที่ระดมการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการที่นักเรียนทุกคนได้ฝึกปฏิบัติตามการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา (Problem-Solving) การลงข้อสรุป (Inferencing) หรือ การให้เหตุผล (Reasoning) นักเรียนใช้แบบจำลองตาม ภาระงานที่กำหนดได้สำเร็จกล่าวคือแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้ หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุปแล้ว แบบจำลองดังกล่าวที่ได้รับการเพิ่มเติมรายละเอียดจะกลายเป็นแบบจำลองที่คงที่ในที่สุด (Johnson-Laird, 1983) และนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมบรูณาการเข้ากับสารสนเทศใหม่และได้ขยายความรู้ต่อไป (Osborn and Wittrock, 1985)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) การทำให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐานโดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง นักเรียนจะได้ศึกษาสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวันหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (การทดลอง) หลังจากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษาเข้าสู่สถานการณ์ที่เผชิญเพื่อสร้างแบบจำลองในขั้นถัดไป ในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้นักเรียนจะเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5–6 คน (Kyza and others, 2011) ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ เช่น การให้นักเรียนสังเกตการณ์ต้มน้ำร้อน ทำให้ฝากาน้ำขยับขึ้น แล้วให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น หลังจากนั้น ครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน สอนการสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูจะล้วงความรู้เดิมของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) ขั้นนี้จะประเมิน

แบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างไว้ในขั้นที่ 2 โดยทำการประเมินว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน เช่น การทดลอง ศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ครูกับนักเรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการ หรือ กฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) การนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อเละเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ โดยมีขั้นตอนของแบบจำลอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557)

ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ประการ ได้แก่ 1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบจากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุที่เป็น 3 มิติ คงทนแบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกัน แบบตำแหน่งต่อตำแหน่งและเน้นที่ลักษณะสำคัญ มักทำจากวัสดุ (Schwarz and others, 2009) 2. การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) นักเรียนสามารถวาดภาพ สื่อสารออกเป็นภาษา สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้น ตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ เพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ (ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555) 3. การนำเสนอ (Presentation Model) นักเรียนได้ออกมานำเสนอ แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นการสะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนและร่วมกันพิจารณาความถูกต้องของมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พร้อมทั้งในการเปรียบเทียบและสร้างความแตกต่างของแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเดียวกัน (Nicolaou and others, 2007)

ด้วยเหตุผลและกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวข้างต้น โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานจึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโควาเลนต์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ

เทคโนโลยีเสมือนจริง แบบ 4 ขั้นตอน เรื่อง พันธะโควาเลนต์ มีลักษณะดังนี้ การสร้างแบบจำลอง ครูทบทวนเนื้อหาก่อนเริ่ม การจัดการเรียนรู้และนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อเชื่อมโยงถึงพันธะโควาเลนต์ การแสดงแบบจำลอง ครูใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองและใช้แบบจำลองที่หลากหลายเหมาะสมกับพันธะโควาเลนต์ การทดสอบแบบจำลอง ครูแนะนำวิธีการใช้งาน สื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงก่อน และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลกับแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น การประเมินแบบจำลอง นักเรียนได้ปฏิบัติในการประเมินแบบจำลองด้วยตนเอง ส่วนผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องทั้ง 3 หัวข้อย่อย (54.35%) ซึ่งแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ สารโควาเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย และสอดคล้องกับ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มี แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยลักษณะการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอม มีการสร้างสถานการณ์ ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยง เนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) สอดคล้องกับ ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เรื่อง การระเหย ที่มีต่อกระบวนการ สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามสภาพจริง คือ การสร้างการประเมินคุณค่า การปรับปรุงและการนำแบบจำลองไปใช้ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสร้าง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่านักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย ในด้านการสร้างและการประเมิน แบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.75 และ 43.75 ตามลำดับ) ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับดี มาก (ร้อยละ 50.00) และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50.00) โดยด้านการปรับปรุงและนำ แบบจำลองไปใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และมีความสอดคล้องบางส่วนกับ

Khan (2008) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์แบบจำลอง (Computer Simulation) ที่อาศัยหลักการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอของนักเรียน กิจกรรม Simulation ที่ใช้ประกอบด้วยการทำนายกลไกของปฏิกิริยาการ เปลี่ยนแปลง ของกราฟ มุมมอง ในระดับนาโน และการใช้อุปมาอุปไมย ที่เคลื่อนไหวได้ โดย จัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ประเมิน และปรับปรุง ความรู้ของตนเองอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่า กิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้มโนมติทางเคมีได้ ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น และ Baek และคณะ (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวีดิทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ผลพบว่านักเรียนมี ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียน ทั้งหมด กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลองและการสื่อสารด้วยแบบจำลอง และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน ผลพบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรให้นักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง ในการสร้างแบบจำลองเป็นของตนเอง โดยให้นักเรียนมีอิสระในด้านการคิดภายใต้ขอบเขตของเนื้อหา พร้อมคอยชี้แนะไม่ให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

1.2 การสอนตามแนวคิดแบบจำลองเป็นฐานมีข้อจำกัดเรื่องเวลา ด้วยเป็นบริบทของนักเรียนศึกษาสงเคราะห์ นักเรียนมีความหลากหลายในความพร้อมที่จะเรียนรู้ครูผู้สอนควรยืดหยุ่นเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามความเหมาะสม

1.3 ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางความคิด นักเรียนสามารถวาดภาพ สื่อสารออกเป็นภาษา สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตน เพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ รวมทั้งต้องทำการทดลอง การเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลอง

พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวนักเรียนเอง ครูผู้สอนจึงควรดูแลนักเรียนอยู่ตลอดเวลา เพื่อคอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางให้นักเรียนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดแบบจำลองเป็นฐานที่มีการบูรณาการกับกิจกรรมที่ส่งเสริมการออกแบบ การสร้างแบบจำลอง เช่น สะเต็มศึกษา กระบวนการโต้แย้ง ส่งเสริมการอธิบายและให้เหตุผล รวมทั้งกระบวนการสืบสอบ จิตวิทยาศาสตร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิ่งฟ้า สินธุวงศ์. (2544). ประเด็นที่เก็บเกี่ยวได้จากการบรรยาย เรื่อง Action Research โดย Prof. Shirly Grundy. *วารสารส่งเสริมการเรียนการสอน*, 10(3), 58, กันยายน–ธันวาคม.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินดา พราหมณ์ชู. (2553). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และคณะ. (2540). *พจนานุกรมศัพท์การศึกษา*. กรุงเทพฯ : ไอคิวบุ๊คเซ็น.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ. (2539). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกที่สร้างตามทฤษฎีสมรรถภาพทางสมองของเทอร์สโตน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(9), 86–9.

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี. (2561). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการ สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 1(1), 86–96

ธณัฏฐา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 62-76.

ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ. (2560). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนา แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 13(1), 266–281.

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพ เรื่อง อะตอมและโครงสรางอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

นงค์ลักษณ์ วิรัชชัย. (2545). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน* : การวิจัยปฏิบัติการของครู *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 24(70), 21–45.

นุชวนา เหลืองอังกูร. (2551). *เอกสารประกอบการสอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ*. มหาสารคาม : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). *การพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ประวิต เอราวรรณ์. (2545). *การวิจัยปฏิบัติการ การเรียนรูของครูและการสรางพลังรวมในโรงเรียน*. กรุงเทพฯ : ดอกหญ้าวิชาการ.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). *วิจัยการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี. (2562). การประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ การใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่มีต่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 5(1), 65-83.

พินันทร์ คงคาเพชร. (2552). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ : แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2553). *การสอนคิดด้วยโครงงาน : การสอนแบบบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง)*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ภรณ์ทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาณุเดช หงษาวงศ์. (2540). *ทักษะสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. เชียงใหม่ : สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.

ราตรี ยะคำ (2560). *การวิจัยปฏิบัติกรเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด. (2561). *รายงานการประเมินตนเอง (SAR) ปีการศึกษา 2561*. ร้อยเอ็ด : โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. (2541). *“ปรัชญาสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivist).* ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และคณะ. (2542) *การพัฒนาการสอนของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *Constructivism*. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วินัย วิทยาลัย. (2541). *เคมี 034 ม.6 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 2(1), 29-49.

ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์. (2538). *นักวางแผนวิจัยปฏิบัติการ The Action Research Planner*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : สกสค.ลาดพร้าว.

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์ .

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟิก.

สำนักวิชาการและมาตรฐาน. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551*. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย .

สิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (2558). *การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต.

สุรชิต ชูแสง (2559). *การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้มโนภาพพลวัต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวัฒน์ ทับทิมเจือ. (2549). *เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2544). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน Classroom Action Research*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : อักษรไทย .

สุวิมล ว่องวาณิช. (2553). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สามลดา.

อรวรรณ หอมพรมมา. (2553). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบ* . วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อารยา ควัฒน์กุล. (2555). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Baek, H. and others. (2010). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. *Models and modeling*, 72, 195-218.

Bodner, G.M. (1986). Constructivism : A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-877.

Buckley, B.C. and Boulter, C.J. (2000). Investigating the Role of Representations and Expressed Models in Building Mental Models. In Gilbert, J.K. Boulter, C.J., *Developing Models in Science Education*, pp.120-135. Netherlands : Kluwe Academic.

Buckley, B.C. and others. (2004). Model-Based Teaching and Learning With Bio Logica TM : What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 23-41.

Buckley, B.C. and others. (2010). Looking inside the black box: assessing model-based learning and inquiry in BioLogica TM. *International Journal Learning Technology,* 5(2), 166-190.

Coll, R.K. (1999). *Learners' mental models of chemical bonding*. Ph.D. Thesis, Curtin University of Technology.

Coll, R.K., France, B. and Taylor, I. (2005). The role of model/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.

Collins, A. and Gentner, D. (1987). How people construct mental models. In D. Holland & N. Quinn (eds.), *Cultural Models in Thought and Language.* Cambridge : Cambridge University Press.

Corey, S.M. (1953). Action Research to Improve School Practices. New York : Teachers College Press.

Dick, B. (1993). *You want to do an action research thesis*. [online]. Available from : http://www.aral.com.au/resources/art hesis.html. [accessed 16 January 2020].

Driel, J.H.V., Beijaard, D. and Verloop, N. (2001). Professional Development and Reform in Science Education : The Role of Teachers' Practical Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137–158.

Ebbutt, D. (1983). *Educational Action Research : Some General Concerns and Specific. Quibbles Mimeo*. Cambridge : Cambridge Institute of Education.

Freeman, J. (1998). *Educating the Very Able: Current International Research*. London : The Stationery Office.

Garland, W. and others. (1973). *Elementary Science Learning by Investigating*. 2nd ed. New York : McGraw-Hill.

Gilbert, J.D. and Buckley, B.C. (2000). Introduction to model based teaching and learning In science education. *International Journal of Science Education*. 22(9), 891-894.

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

Gilbert, J.K. and lreton, S.W. (2003). *Understanding models in earth and space science*. Arlington : NSTA Press.

Gilbert, J.K. Boulter, C.J. and Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In Gilbert, J.K. Boulter, C.J., *Developing Models in Science Educat*ion, pp.3-17. Netherlands : Kluwer Academic.

Gilbert, J.K. and others. (2000). Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. In Gilbert, J.K. Boulter, C.J., *Developing Models in Science Education,* pp.20 40. Netherlands : Kluwer Academic Publishers.

Grosslight, L. and others. (1991). Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.

Grundy, S. and Kemmis, S. (1988). Educational action research in Australia: The state of the art (an overview). In *The action research reader*, ed. S. Kemmis. Victoria : Deakin University Press.

Guttersrud, Q. (2007). *Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education. Defining, Assessing and Improving Physics Students' Mathematical Modelling Competency,* Ph.D. Thesis, University of Oslo.

Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Hestenes, D. (2006). *Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction*. Ph.D. Thesis, University of Amsterdam.

Holter, I.M. and Schwartz-Barcott, D. (1993). Action research: What is it? How has it been used and how can it be used in nursing?. *Journal of Advanced Nursing*, 18(2), 298-304

Johnson, C.S. and Kromann-Kelly, I. (1995). Using Action Research To Assess Instruction Reading Horizons. *A Journal of Literacy and Language Arts*, 35(3), 198-208.

Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge, UK : Cambridge University.

Justi, R.S. and Gilbert, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

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

Khan, S. (2008). Model-based teaching as a source of insight for the design of aviable Science simulation. *Technology instruction Cognition and Learning*, 6(2), 63-78.

Kijkuakul, S. (2014). *Science learning management for teachers in 21st century*. Phetchabun : Junraditkranpim.

Kincheloe, J.L. (1991). Teacher-as-Researcher. *Educational Researcher*, 28(4), 27-31.

Klopfer, L.E. (1971). Evaluation of Learning in Science in *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. p. 574-580. New York : McGraw-Hill.

Kurt, L. (1951). *Social Science : Selected Theoretical*. New York : Harper and Row.

Kuslan, L.I. and Stone, A.H. (1968). *Teaching Children Science : An Inquiry Approach*. New York : Wadsworth.

Kyza, E. and others. (2011). Sixth Graders' Co-construction of Explanations of a Disturbance in an Ecosystem: Exploring relationships between grouping, reflective scaffolding, and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489-2525.

Littlejohn, P. (2007). Building leaves and an understanding of photosynthesis. *Science Scope*, 30(8), 22-25.

McKernan, J. (1991). *Curriculum action research: A handbook of methods and resources for the reflective practitioner*. New York : St. Martin's Press.

McKernan, J. (1996). *Curriculum action research*. London : Kogan Page.

Meyer, J., Kamens, D.H. and Benavot, A. (1992). *School knowledge for the masses: World models and national primary curricular categories in the twentieth century*. London : Falmer Press.

Miller, G. (2000). *Evolution of human music through sexual selection.* In N. L. Wallin, B. Merker, & S. Brown (Eds.), *The origins of music*, (p. 329–360). The MIT Press.

National Center for Mathematics and Science. (2002). *Explanatory Models in Science. The Board of Regents of the University of Wisconsin System*. [online]. Available from : http://ncisla.wceruw.org/muse/MODELS/index.html. [accessed 23 August 2019].

National Science Education Standards. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC : National Academy Press.

Nicolaou, C.T. and others. (2007). Enhancing fourth graders' ability to interpret graphical representations through the use of microcomputer-based labs implemented within an inquiry-based activity sequence. *Journal of computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(1), 75-99.

Nitko, A.J. and Brookhart, S.M. (2007). *Educational Assessment of Students*. 5th ed. New Jersey : Pearson Merrill Prentice Hall.

Orgill, M. and Bordner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 5(1), 15-32.

Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35-45.

Osborne, R.J. and Wittrock, M. (1985). The Generative Learning Model and its Implications for Science Education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.

Pringle, R.M. (2004). Making It Visual: Creating a Model of the Atom. *Science Activities,* 40(4), 30-33.

Rea-Ramirez, M.A., Clement, J. and Nunez-Oviedo, M.C. (2008). An Instructional Model Derived from Model Construction and Critism Theory. In Clement, J.J. and Rea-Ramirez, M. A., *Model Based Learning and Instruction in Science*, pp. 23-43. Netherlands : Springer Science.

Robinson, G.C. (1994). Managers in Team : How Valuing Individualism or Collectivism Affects Their Participation. *Dissertation Abstracts International*, 55(04), 926-A.

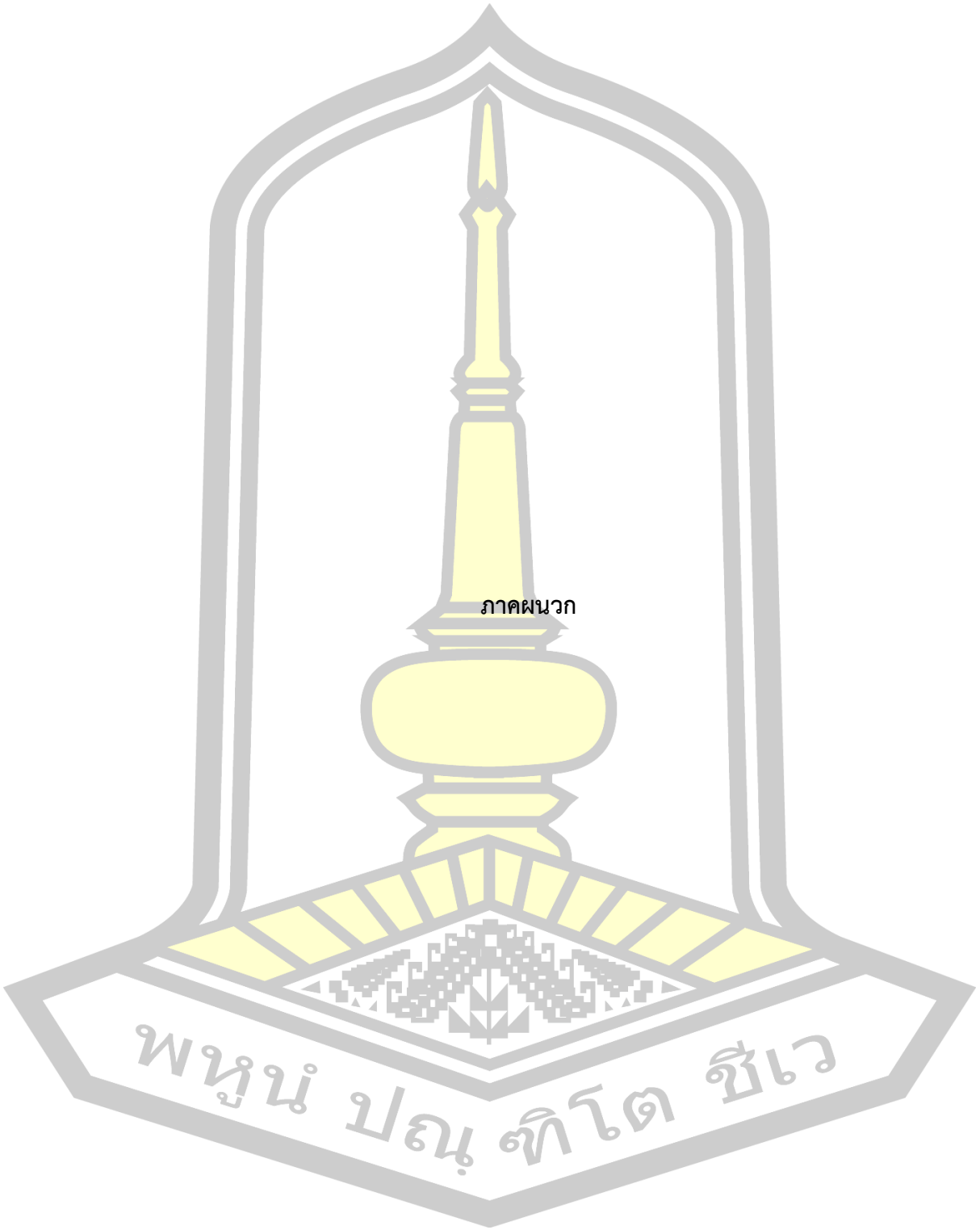
Rutherford, M. (2000). Models in the Explanations of Physics: The Case of Light. In Gilbert, J.K. Boulter, C.J., *Developing Models in Science Education*, pp.253 269. Netherlands : Kluwer Academic Publishers.

Schwarz, C.V. and White, B.Y. (2005). Met modeling knowledge: developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.

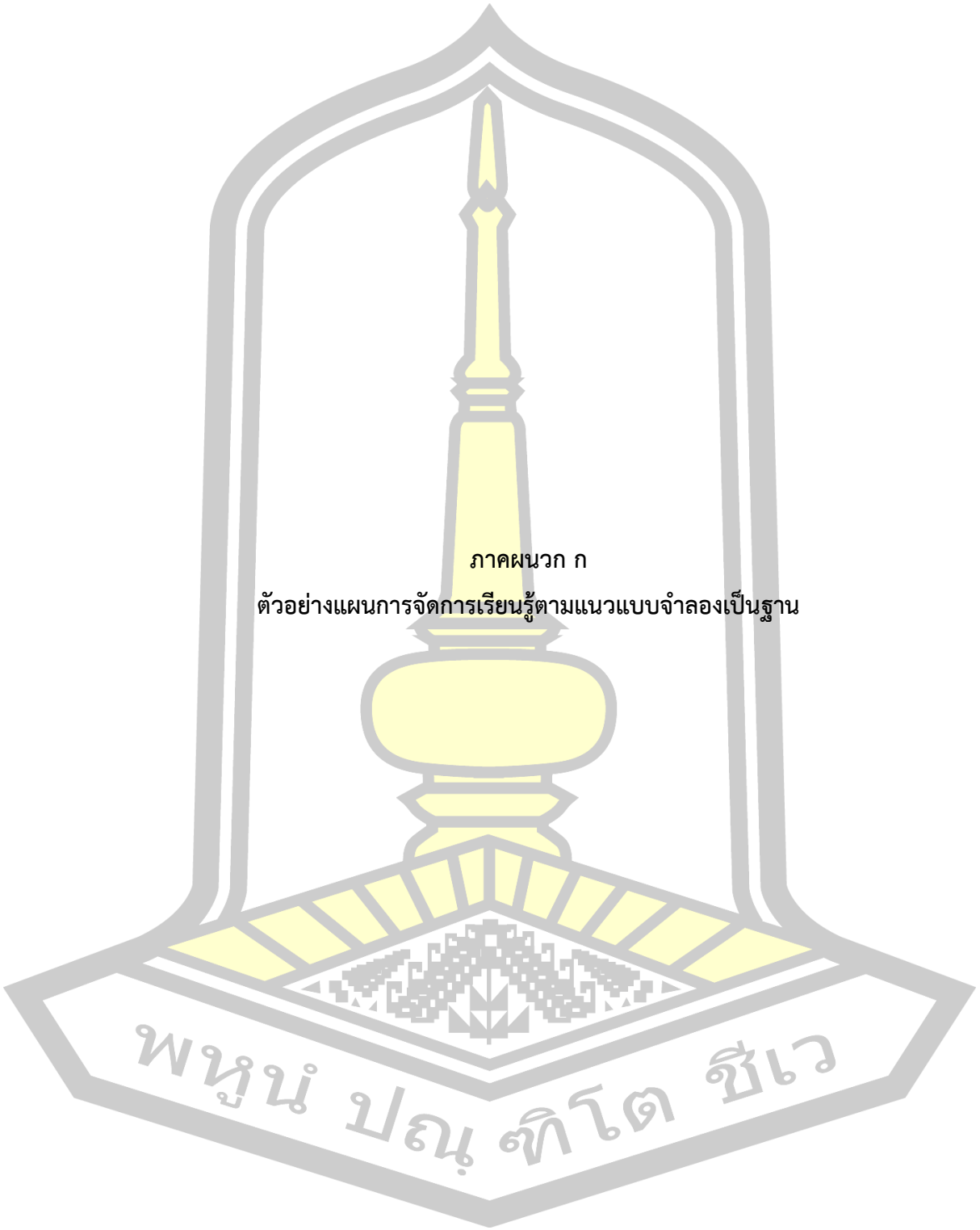
Schwarz, C.V. and others. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling : Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science*, 46(6), 632-654.

Wang, C.Y. (2007). *The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polarity.* Ph.D. Thesis, University of Missouri-Columbia.

Zuber-Skerritt, O. (1996). Emancipatory action research for organizational change and management development. In O. Zuber-Skerritt (Ed.), *New directions in action research* (pp. 83-105). London : Falmer Press.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวแบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

รายวิชา เคมี 4 (ว32222) **ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กรด-เบส **เวลา 24 ชั่วโมง**

เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ **จำนวน 3 คาบ (180 นาที)**

ผู้สอน : นายวัลลภ ปริญทอง

****

1. สาระสำคัญ

อิเล็กโทรไลต์ หมายถึง สารที่เมื่อละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีไอออนซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวก หรือไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย นอนอิเล็กโทรไลต์ หมายถึง สารที่ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ เมื่อละลายน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากสารพวกนอนอิเล็กโทรไลต์ จะไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้

2. มาตรฐานการเรียนรู้ (รายวิชาเพิ่มเติม)

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. ผลการเรียนรู้

1. เปรียบเทียบสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์กับสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ และระบุประเภทของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้

2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงเมื่อกรดหรือเบสละลายในน้ำ พร้อมทั้งระบุชนิดของไอออนที่ทำให้ สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรดหรือเบสได้

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ได้ (P)

2. สรุปสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ พร้อมทั้งระบุได้ว่าสารใดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ อิเล็กโทรไลต์อ่อนหรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้ (K)

3. สร้างแบบจำลองทางความคิด สร้างแบบจำลองและนำเสนอแนวคิดได้ (P)

4. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจ ทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสม ทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ (A)

5. สาระการเรียนรู้

- สารละลายอิเล็กโทรไลต์
- สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

1.1 ครูนำเสนอสถานการณ์อุบัติเหตุเกี่ยวกับไฟฟ้าช็อตประชาชน หัวข่าวหญิงวัย 24 ปี นั่งกินก๋วยเตี๋ยวขณะฝนตกคาดไฟฟ้ารั่วเสียชีวิต เพื่ออภิปรายร่วมกัน โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

- จากข่าวหญิงวัย 24 ปี นั่งกินก๋วยเตี๋ยวขณะฝนตกคาดไฟฟ้ารั่วเสียชีวิต เกิดจากสาเหตุใด

(**แนวคำตอบ** : ผู้ตายพร้อมสามี ได้มานั่งกินก๋วยเตี๋ยวที่ร้าน ซึ่งตอนที่นั่งกินอยู่นั้น ฝนยังไม่ได้ตกลงมา จากนั้น ผู้ตายได้เดินมาขอมะนาวเพิ่ม แต่ขณะที่เดินมานั้น ได้ก้าวพลาด ไปสะดุดกับเหล็กกั้นที่สร้างไว้เป็นแนวจอดรถจักรยาน จนล้มลง แขนไปฟาดกับท้ายรถกระบะสามีของผู้ตายเห็นจึงรีบวิ่งมา เพื่อดึงร่างผู้ตายขึ้น แต่หลังจับตัวผู้ตาย สามีของผู้ตายก็ร้องตะโกนว่า ไฟดูด ตนจึงรีบวิ่งไปดึงปลั๊กออกจากตู้ไฟ ซึ่งใช้เวลาไม่ถึง 1 นาที แต่กลับพบว่า ผู้ตายได้เสียชีวิตแล้ว)

- นักเรียนคิดว่าทำไมไฟฟ้าจึงสามารถดูด (ช็อต) ในเหตุการณ์ในข่าว

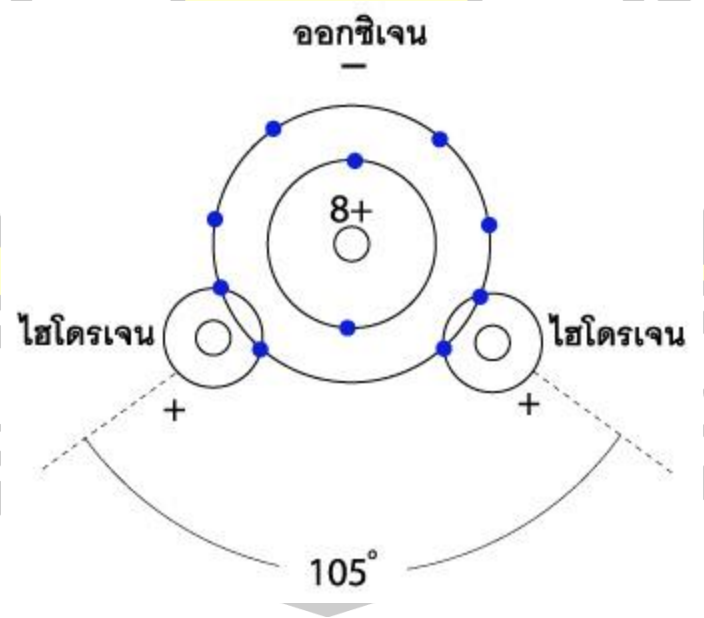
(แนวคำตอบ : เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า ไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าลบ และไอออนลบจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าบวก ไอออนบวกที่เคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าลบจะไปรับประจุลบหรืออิเล็กตรอน ส่วนไอออนลบที่เคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าบวกจะเป็นตัวพาประจุลบไปให้ขั้วไฟฟ้าไหลวนเวียนกันอยู่ในสารละลาย จึงก่อให้เกิดการนำไฟฟ้า)

- คุณสมบัติของน้ำ สามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่ อย่างไร

สารละลายที่นำไฟฟ้าได้เรียกว่า “สารละลายอิเล็กโทรไลต์(Electrolytic solution)” การที่สารละลายอิเล็กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้ เพราะในสารละลายมีไอออนซึ่งมีประจุไฟฟ้าเรียกว่า ไอออนบวก และไอออนลบ กล่าวคือ เมื่อสารละลายในน้ำจะมีการแตกตัวออกเป็นสองส่วน และมีประจุตรงกันข้ามกัน แต่ละส่วนเรียกว่า ไอออน

- ไอออนส่วนหนึ่งจะมีประจุไฟฟ้าบวก เรียกว่า ไอออนบวก

- ไอออนอีกส่วนหนึ่งจะมีประจุไฟฟ้าลบเรียกว่า ไอออนลบ (มีปริมาณเท่ากับไอออนบวก) น้ำบริสุทธิ์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส น้ำ 1 โมเลกุล (H_2O) ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ (Covalent bonds) ซึ่งใช้อีเล็กตรอนร่วมกัน โดยที่อะตอมทั้งสามตัวเรียงกันทำมุม 105 องศา โดยมีออกซิเจนเป็นขั้วลบ และไฮโดรเจนเป็นขั้วบวก ดังรูปมากขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงโมเลกุลของน้ำ โดยที่อะตอมทั้งสามตัวเรียงกันทำมุม 105 องศา

ที่มา : https://www.scimath.org/article-chemistry/item/6901-2017-05-14-06-34-09

1.2 นักเรียนและครูร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับสารประกอบไอออนิกเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

- นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับ สารประกอบไอออนิก ได้ว่าอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารประกอบที่เกิดจากการดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างไอออนบวก (cation) และไอออนลบ (anion) อันเนื่องมาจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากโลหะให้แก่อโลหะ พันธะไอออนิก เป็นพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะ และอโลหะ)

- สารประกอบไอออนิก NaCl เมื่อละลายน้ำ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ จะแตกตัวออกเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ดังนี้ $NaCl\ (aq) \rightarrow Na^{+}\ (aq) + Cl^{-}\ (aq)$

- สารประกอบไอออนิก สามารถละลายน้ำได้ทุกตัวหรือไม่ อย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารประกอบไอออนิกบางชนิดละลายน้ำได้ดีและบางชนิดไม่ละลายน้ำ การที่สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออน มีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ)

- สารประกอบที่ละลายน้ำได้ แล้วแตกตัวให้ ไอออนบวก และไอออนลบและสามารถนำไฟฟ้าได้ สารละลายดังกล่าว เรียกว่าอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารละลายอิเล็กโทรไลต์)

1.3 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหมายสมบัติทั่วไปของกรดเบสและเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหา การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

1.3 ครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนพร้อมทั้งแจ้งหัวข้อในการเรียนการสอน คือ สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ สารละลายกรดและสารละลายเบส หลังจากนั้นครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ ของการทดลองโดยจุดประสงค์การเรียนรู้มีดังนี้

- ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ได้
- สรุปสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ พร้อมทั้งระบุได้ว่าสารใดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ อิเล็กโทรไลต์อ่อนหรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้
- สร้างแบบจำลองทางความคิด สร้างแบบจำลองและนำเสนอแนวคิดได้

2. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) (ใช้เวลาประมาณ 60 นาที)

2.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนา/อภิปรายเพื่อนำเข้าสู่การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

2.2 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับใบกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย และอุปกรณ์ในการทดลอง พร้อมชี้แจงให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันอ่านทำความเข้าใจใบกิจกรรมเป็นเวลา 3 - 5 นาที

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรมการทดลองโดยเขียนลงบนกระดานและอธิบายวิธีการทดลองให้นักเรียนฟังอีกครั้งเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน พร้อมทั้งแนะนำแนวทางในการอธิบายผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ได้
- อธิบายเหตุผลที่สารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์นำไฟฟ้าได้
- สรุปสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ พร้อมทั้งระบุได้ว่าสารใดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ อิเล็กโทรไลต์อ่อนหรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้
- จำแนกประเภทของสารละลายโดยใช้การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสและการนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์ได้

2.4 หลังจากที่นักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันอ่านทำความเข้าครูสุ่มถามนักเรียนเพื่อทดสอบความเข้าใจในกิจกรรมการทดลอง โดยใช้คำถามดังนี้

- การทำการทดลองในครั้งนี้ต้องใช้อุปกรณ์ อะไรบ้าง

  (**แนวคำตอบ** : 1.หลอดทดลองขนาดเล็ก 2.เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า 3.กระบอกตวงขนาด 10 cm^3 4.ที่ตั้งหลอดทดลอง 5.กระจกนาฬิกาหรือแผ่นกระจก)
- การทำการทดลองในครั้งนี้ต้องใช้สารเคมีอะไรบ้าง

  (**แนวคำตอบ** : 1.สารละลาย HCl CH_3COOH NaCl KNO_3 NaOH KOH NH_3 CH_3COONa NH_4Cl C_2H_5OH $(NH_2)_2CO$ และ $C_{12}H_{22}O_{11}$ เข้มข้น 1 mol/dm^3 2. กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน 3. น้ำกลั่น)

2.5 ครูนำอภิปรายก่อนปฏิบัติการทดลองเพื่อแนะนำเกี่ยววิธีการทดลอง พร้อมทั้งป้องกันเกี่ยวกับผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนระหว่างปฏิบัติการทดลอง ดังนี้

- หลอดทดลองที่ใช้ใส่สารละลายต้องสะอาดและควรมีขนาเท่ากันทุกหลอด
- การทดสอบด้วยกระดาษลิตมิส ให้ใช้แท่งแก้วจุ่มสารละลายแล้วนำมาแตะกับกระดาษลิตมัสทั้งสองสีและก่อนนำแท่งแก้วไปจุ่มสารละลายในหลอดต่อไป ต้องล้างและเช็ดให้แห้งทุกครั้ง
- การทดสอบการนำไฟฟ้าของสารละลาย ให้จุ่มลวดตัวนำลงในสารละลายลึกเท่าๆกันและก่อนนำไปทดสอบกับสารอื่นต้องล้างให้สะอาด

2.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ร่วมกัน โดยการสังเกตผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในแบบบันทึกผลการทดลอง ครูกำหนดเวลาให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม 30 - 45 นาที ในการสังเกต และบันทึกผลให้เรียบร้อย

2.7 นักเรียนแต่กลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอข้อมูลที่สมบูรณ์พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง พร้อมในการนำเสนอข้อมูลผลการทดลองบนกระดาน ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

สารละลาย	**การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้**		
	การเปลี่ยนสีของลิตมัส	**การนำไฟฟ้า**	**ความสว่างของหลอดไฟ**
HCl	น้ำเงิน → แดง	นำ	สว่างมาก
CH_3COOH	น้ำเงิน → แดง	นำ	สว่างน้อย
NaCl	ไม่เปลี่ยนสี	นำ	สว่างปานกลาง
KNO_3	ไม่เปลี่ยนสี	นำ	สว่างปานกลาง
NaOH	แดง → น้ำเงิน	นำ	สว่างมาก
KOH	แดง → น้ำเงิน	นำ	สว่างมาก
NH_3	แดง → น้ำเงิน	นำ	สว่างน้อย
CH_3COONa	แดง → น้ำเงิน	นำ	สว่างปานกลาง
NH_4Cl	น้ำเงิน → แดง	นำ	สว่างปานกลาง
C_2H_5OH	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่นำ	ไม่สว่าง
$C_{12}H_{22}O_{11}$	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่นำ	ไม่สว่าง

สารละลาย	**สมการการละลายน้ำของสารประกอบ**
HCl	$HCl\ (l) \xrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$
CH_3COOH	$CH_3COOH\ (l) \xleftrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$
NaCl	$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$
KNO_3	$KNO_3\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$
NaOH	$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$
KOH	$KOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$
NH_3	$NH_3\ (s) \xleftrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

สารละลาย	สมการการละลายน้ำของสารประกอบ
CH_3COONa	$CH_3COONa\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$ $CH_3COO^-\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COOH\ (aq) + OH^-\ (aq)$
NH_4Cl	$NH_4Cl\ (s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$ $NH_4^+\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + NH_3\ (aq)$
C_2H_5OH	$C_2H_5OH\ (l) \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH\ (aq)$
$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}\ (s) \xrightarrow{H_2O} C_{12}H_{22}O_{11}\ (aq)$

2.8 นักเรียนพิจารณาข้อมูลผลการทดลองบนกระดาน เปรียบเทียบกับข้อมูลของกลุ่มตนเอง โดยถ้านักเรียนมีข้อสงสัย ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามเพื่อแลกเปลี่ยนกันเรียนรู้ในชั้นเรียน

2.9 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย สรุปผลการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลายร่วมกันอภิปรายโดยครูใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้

* สารประกอบใดบ้างที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบ

(**แนวคำตอบ** : $HCl\ (l) \xrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$CH_3COOH\ (l) \xleftrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$KNO_3\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$

$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$KOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$NH_3\ (s) \xleftrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$CH_3COONa\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$NH_4Cl\ (s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

* ถ้าใช้สมบัติการนำไฟฟ้าของสาระละลายเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกสารละลายได้กี่ประเภท อะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : 2 ประเภท คือ สารละลายที่นำไฟฟ้าและสารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า)

* สารละลายที่นำไฟฟ้า ได้แก่ สารละลายใดบ้าง

(**แนวคำตอบ** : HCl CH_3COOH NaCl KNO_3 NaOH KOH NH_3 CH_3COONa และ NH_4Cl

$HCl\ (l) \xrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$CH_3COOH\ (l) \xleftrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$KNO_3\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$

$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$KOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$NH_3\ (s) \xleftrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$CH_3COONa\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$NH_4Cl\ (s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

สารข้างต้น เป็นสารละลายที่นำไฟฟ้า เนื่องจากเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวให้ไอออนบวก และไอออนลบ จึงสามารถนำไฟฟ้าได้)

* สารละลายที่นำไฟฟ้าได้แต่ละชนิด ทำให้หลอดไฟสว่างเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารละลายที่นำไฟฟ้าได้แต่ละชนิด ทำให้หลอดไฟสว่างไม่เท่ากัน เพราะตัวละลายแตกตัวเป็นไอออนได้ต่างกัน)

* สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดี จัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ ได้แก่ สารละลายใดบ้าง

(**แนวคำตอบ** : HCl NaCl KNO_3 NaOH KOH CH_3COONa และ NH_4Cl

$HCl\ (l) \xrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$KNO_3\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$

$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$KOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$CH_3COONa\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$NH_4Cl\ (s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

สารข้างต้น จัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ เนื่องจากเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวร้อยเปอร์เซ็น เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดี และไม่เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ)

* สารละลายที่นำไฟฟ้าได้น้อยหรือไม่นำไฟฟ้าได้ไม่ดีจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อนได้แก่สารละลายใดบ้าง

(**แนวคำตอบ** : CH_3COOH และ NH_3

$CH_3COOH\ (l) \xleftrightarrow{H_2O} H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$NH_3\ (s) \xleftrightarrow{H_2O} NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

สารข้างต้นจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน เนื่องจากเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวบางส่วน และเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้)

* สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า จัดเป็นสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ได้แก่สารละลายใดบ้าง

(**แนวคำตอบ** : $C_2H_5OH\ (l) \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH\ (aq)$

$C_{12}H_{22}O_{11}\ (s) \xrightarrow{H_2O} C_{12}H_{22}O_{11}\ (aq)$

สารข้างต้น จัดเป็นสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ เนื่องจากเมื่อละลายน้ำแล้วจะไม่แตกตัวให้ไอออนบวก และไอออนลบ จึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้)

* ถ้าใช้สมบัติการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกสารละลายได้กี่ประเภท อะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : 3 ประเภท คือ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน และไม่เปลี่ยนสี)

* สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสน้ำเงินเป็นแดง แสดงว่ามีสมบัติเป็นกรดได้แก่

(**แนวคำตอบ** : สารละลาย HCl CH_3COOH และ NH_4Cl)

* ไอออนในสารละลายที่แสดงสมบัติของกรดทุกชนิดควรเป็นไอออนใด

(**แนวคำตอบ** : $NH_4^+\ (aq) + H_2O\ (l) \longrightarrow H_3O^+\ (aq) + NH_3\ (aq)$

ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+)

* สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสแดงเป็นน้ำเงิน แสดงว่ามีสมบัติเป็นเบสได้แก่

(**แนวคำตอบ** : สารละลาย NaOH KOH NH_3 และ CH_3COONa)

* ไอออนในสารละลายที่แสดงสมบัติของเบสทุกชนิด ควรเป็นไอออนใด

(**แนวคำตอบ** : ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-)

$NaOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

$KOH\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

***** สารละลายที่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสน้ำเงินและแดง แสดงว่ามีสมบัติ เป็นกลาง ได้แก่

(**แนวคำตอบ** : สารละลาย NaCl KNO_3 C_2H_5OH และ $C_{12}H_{22}O_{11}$

$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$KNO_3\ (s) \xrightarrow{H_2O} K^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$

สารข้างต้นไม่มีไอออนแสดงสมบัติความเป็นกรด หรือเบส

$C_2H_5OH\ (l) \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH\ (aq)$

$C_{12}H_{22}O_{11}\ (s) \xrightarrow{H_2O} C_{12}H_{22}O_{11}\ (aq)$

สารข้างต้นเมื่อละลายน้ำแล้วไม่แตกตัว จึงไม่มีไอออนแสดงสมบัติความเป็นกรดหรือเบส)

2.10 นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและตัวแทนกลุ่มมารับอุปกรณ์ ลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุที่เป็น 3 มิติ โดยมีเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

- เปรียบเทียบ สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดกับปรากฏการณ์
- ร่างต้นแบบ ลำดับขั้นตอนสร้างแบบจำลอง
- แสดงเหตุผลการเลือกวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง
- แบบจำลองมีความคงทนต่อการนำไปใช้งาน
- เวลาการสร้างแบบจำลองเหมาะสม

2.11 ครูกระตุ้นนักเรียนให้เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยนำผลอภิปรายสรุปผลการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลายร่วมกันอภิปรายโดยครูใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้

***** จากผลการทดลองและการอภิปรายการทดลอง นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : การนำไฟฟ้าของสารละลาย 11 ชนิด ความสว่างของหลอดไฟและการเปลี่ยนสีของลิตมัส แดง ⟶ น้ำเงิน , น้ำเงิน ⟶ แดง)

***** หากนักเรียนสามารถมองเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาค (ระดับอะตอม) นักเรียนคิดว่า อะตอมของสารละลายที่มีสมบัติการเปลี่ยนแปลงของการทดลองนี้(ความสว่างของหลอดไฟและการเปลี่ยนสีของลิตมัส) เป็นอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย จะมีการแตกตัวเป็นไอออนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารประกอบไอออนิก และสารโคเวเลนต์เป็นตัวทำละลายและการที่

สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนมีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ)

* นักเรียนในแต่ละกลุ่ม สามารถออกแบบ สร้างแบบจำลองทางความคิด อภิปราย สรุปผลการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ได้อย่างไร

(**แนวคำตอบ** : ตัวแทนกลุ่มมารับอุปกรณ์/พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

2.12 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอภาพวาดแบบจำลองทางความคิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นให้สมาชิกในห้องเรียนได้ฟังแล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่นำเสนอและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพแบบจำลองทางความคิดของเพื่อนที่ได้นำเสนอไปในประเด็น ต่อไปนี้

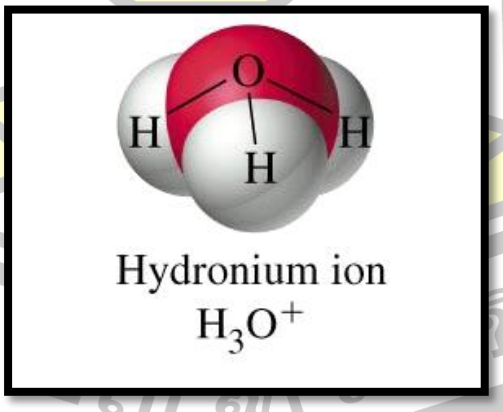
* แบบจำลองทางความคิดของแต่ละกลุ่ม มีลักษณะอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

2.13 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนตารางเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองทางความคิดกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษาไป

3. การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) (ใช้เวลาประมาณ 40 นาที)

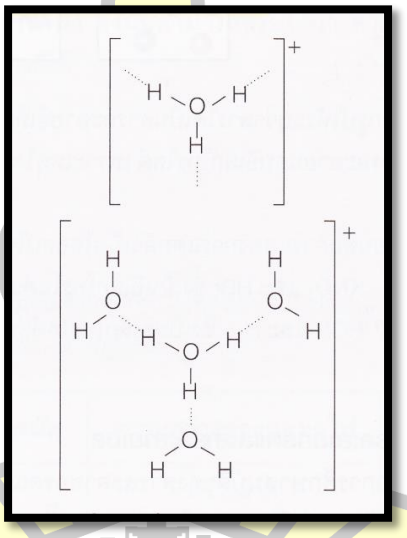
3.1 ครูให้นักเรียนดูภาพโครงสร้างของ ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) และ ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) แล้วครูอธิบายเพิ่มเติม ดังนี้ “ไฮโดรเนียมไอออนไม่ได้อยู่เป็นไอออนเดี่ยว แต่จะมีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ ในบางสภาวะอาจอยู่ในรูปของ $H_9O_4^+$ ($H_3O^+ \cdot 3H_2O$) ดังภาพที่ 2”



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของ ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+)

ที่มา : http://student.mahidol.ac.th/~u4903019/compound_clip_image002.jpg

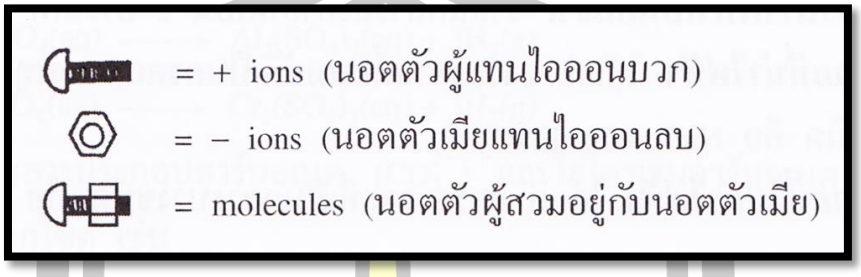
แบบจำลอง	การอธิบายปรากฏการณ์ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์	
	ความเหมือน	ความแตกต่าง
แบบจำลองทางความคิด		
แบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์		



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างของ H_3O^+ และ $H_9O_4^+$

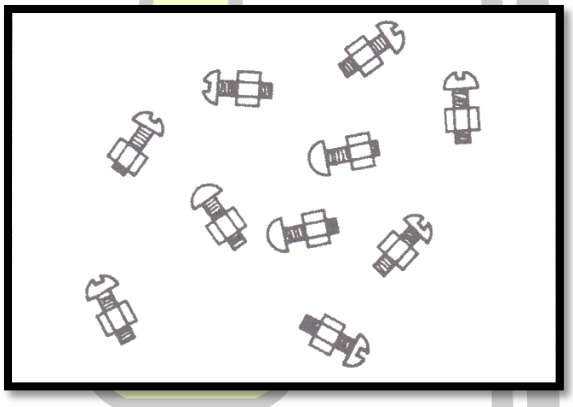
ที่มา : http://student.mahidol.ac.th/~u4903019/compound_clip_image002.jpg

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปรียบเทียบระว่างนอตตัวผู้กับนอตตัวเมียกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ โดยครูใช้คำถาม ดังนี้



ภาพที่ 4 แสดงภาพนอตตัวผู้ นอตตัวเมีย

ที่มา : คณิตา ตังคณานุรักษ์ และ นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2543)



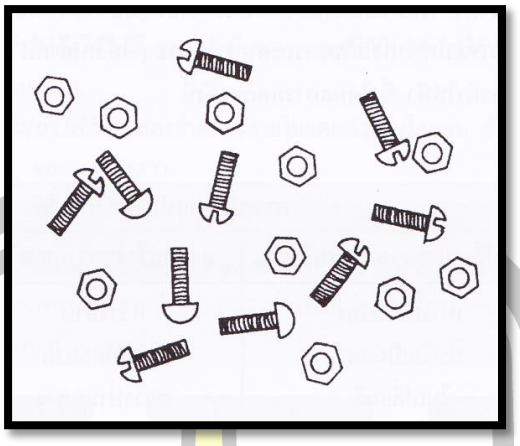
ภาพที่ 5 แสดงสารนอนอิเล็กโทรไลต์

ที่มา : คณิตา ตังคณานุรักษ์ และ นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2543

***** จากภาพ นอตตัวผู้สวมอยู่กับนอตตัวเมีย เปรียบเทียบได้กับสารละลายแบบใด

(**แนวคำตอบ** : สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

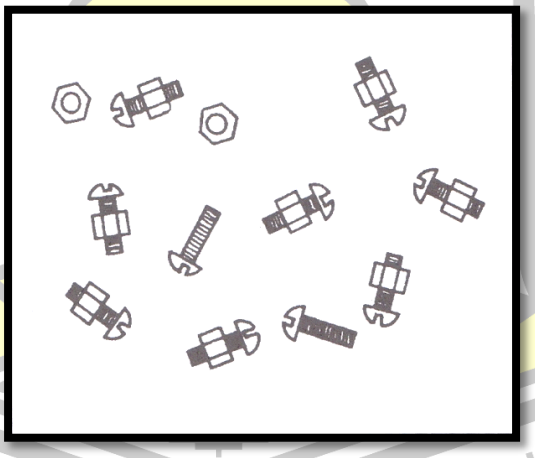


ภาพที่ 6 แสดงสารอิเล็กโทรไลต์แก่

ที่มา : คณิตา ตังคณานุรักษ์ และ นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2543)

***** จากภาพ จำนวนนอตตัวผู้เท่ากับนอตตัวเมีย ไม่มีนอตตัวผู้สวมอยู่กับนอตตัวเมีย เปรียบเทียบได้กับสารละลายแบบใด

(**แนวคำตอบ** : สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่)



ภาพที่ 7 แสดงสารอิเล็กโทรไลต์อ่อน

ที่มา : คณิตา ตังคณานุรักษ์ และ นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2543)

* จากภาพ จำนวนนอต นอตตัวเมีย และนอตตัวผู้สวมอยู่กับนอตตัวเมีย เปรียบเทียบได้กับสารละลายแบบใด

(**แนวคำตอบ** : สารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน)

3.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำภาพแบบจำลองที่ผ่านการนำเสนอแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยครูถามคำถามท้ายกิจกรรมดังต่อไปนี้

* แบบจำลองของนักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ได้หรือไม่

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน/ในกรณีที่สามารถอธิบายได้ นักเรียนคิดว่าอธิบายได้มากน้อยเพียงใด และในกรณีที่ไม่สามารถอธิบายได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใดจึงอธิบายไม่ได้)

* ถ้าหากแบบจำลองของนักเรียนถูกต้องผลการทดลองที่เกิดขึ้นควรเป็นอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด แบบจำลอง 3 มิติ ที่สมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันสร้างขึ้น โดยพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

* แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นแสดงหลักฐานหรือองค์ประกอบใดบ้างที่ใช้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากสมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

* แบบจำลองของกลุ่มมีจุดเด่นหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

* ถ้ามีโอกาสปรับปรุงหรือพัฒนาแบบจำลองนักเรียนจะพัฒนาอะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

4. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) (ใช้เวลาประมาณ 40 นาที)

4.1 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการ หรือ กฎใหม่ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพัฒนาแบบจำลองอีกครั้ง ตามข้อจำกัดหรือข้อควรปรับปรุงเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลองสมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ได้ดียิ่งขึ้น

4.3 สุ่มนักเรียนจำนวน 2 กลุ่มนำเสนอภาพแบบจำลองที่ผ่านการพัฒนาแล้วหน้าชั้นเรียน

5. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

5.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปสมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็ก โทรไลต์ ที่ได้จากการทำกิจกรรม โดยครูถามคำถามนักเรียนต่อไปนี้

* แบบจำลองสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่อย่างไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

* จากแบบจำลองสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนที่สอดคล้องกับการทดลองสมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย จะมีการแตกตัวเป็นไอออนขึ้นอยู่กับๆองค์ประกอบของสารประกอบไอออนิก และสารโคเวเลนต์เป็นตัวทำละลายและการที่สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนมีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ)

* แบบจำลองที่พัฒนาแล้วสามารถนำมาใช้อธิบายผลการทดลองได้อย่างไร

(**แนวคำตอบ** : พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

5.2 นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมา และจากการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองมีสิ่งใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ แต่ถ้านักเรียนไม่มีข้อสงสัย ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยใช้ แนวคำถาม ดังต่อไปนี้

* เพราะเหตุใดสารละลาย HCl, CH_3COOH, NaCl, KNO_3, NaOH, KOH, NH_3, CH_3COONa และNH_4Cl จึงจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์

(**แนวคำตอบ** : เพราะสารละลายข้างต้นเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบ และสามารถนำไฟฟ้าได้)

* สารละลาย C_2H_5OH และ$C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดเป็นสารละลายแบบใด เพราะเหตุใด

(**แนวคำตอบ** : เป็นสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ เพราะเมื่อละลายน้ำแล้วไม่แตกตัวให้ไอออนบวก และไอออนลบ จึงไม่นำไฟฟ้า)

* อิเล็กโทรไลต์ แบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** : 2 ประเภท คือ อิเล็กโทรไลต์แก่ (strong electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนได้มาก อาจจะแตกตัวได้ 100% และนำไฟฟ้าได้ดีมาก เช่น กรดแก่ และเบสแก่ และเกลือส่วนใหญ่จะแตกตัวได้ 100%

อิเล็กโทรไลต์อ่อน (weak electrolyte) หมายถึง สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวได้บางส่วน นำไฟฟ้าได้น้อย)

* เพราะเหตุใดสารละลายกรด และสารละลายเบส จึงมีสมบัติแตกต่างกัน

(**แนวคำตอบ** : สารละลายกรด และสารละลายเบส มีไอออนที่ไม่เหมือนกันจึงแสดงสมบัติแตกต่างกัน)

* นักเรียนสรุปการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จากการทำกิจกรรมทั้งหมดได้ว่าอย่างไร

(**แนวคำตอบ** : มีการทำงานร่วมกัน โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลองประกอบกับจินตนาการเพื่อสร้างแบบจำลองอะตอม รวมถึงยอมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อมีข้อมูลโต้แย้งกับข้อมูลของตน)

5.3 นักเรียนสรุปความคิดเรื่องสมบัติบางประการของสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์ด้วยแผนภาพมโนมติ (Mind Mapping)

7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

7.1 ใบกิจกรรมการทดลอง สมบัติบางประการของสารละลาย จำนวน 25 ชุด

7.2 ภาพเกี่ยวกับโครงสร้างของ H_3O^+ และ $H_9O_4^+$ จำนวน 2 ชุด

7.3 ภาพเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จำนวน 2 ชุด

7.4 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

7.5 แหล่งเรียนรู้บทเรียนบนอินเตอร์เน็ต

7.6 สารเคมี

7.6.1 สารละลาย HCl CH_3COOH NaCl KNO_3 NaOH KOH NH_3 CH_3COONa NH_4Cl C_2H_5OH $(NH_2)_2CO$ และ $C_{12}H_{22}O_{11}$ เข้มข้น 1 mol/dm^3

7.6.2 กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน

7.6.3 น้ำกลั่น

7.7 อุปกรณ์

7.7.1 หลอดทดลองขนาดเล็ก

7.7.2 เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า

7.7.3 กระบอกตวงขนาด 10 cm^3

7.7.4 ที่ตั้งหลอดทดลอง

7.7.5 กระจกนาฬิกาหรือแผ่นกระจก

7.8 แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ชุด

7.9 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ชุด

7.10 ใบความรู้ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย สารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายกรด –เบส จำนวน 25 ชุด

8. กระบวนการวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ในการวัดและประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. สรุปสมบัติของสารละลาย อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ พร้อมทั้งระบุได้ว่าสารใดเป็น สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ อิเล็กโทรไลต์อ่อนหรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้	- ประเมินจากการตอบคำถามในชั้นเรียนและการตอบคำถามจากการทำกิจกรรม	- ข้อคำถาม - แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- ตอบคำถามถูกต้องตรงประเด็น - นักเรียนทำใบงานถูกต้องร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งชั้น
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ได้ 2. สร้างแบบจำลองทางความคิดสร้างแบบจำลองและนำเสนอแนวคิดได้	- การนำเสนอแนวคิดและความสอดคล้องของแบบจำลอง	- แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ - แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนปฏิบัติงานและมีผลงานถูกต้องร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งชั้น
ด้านเจตคติ (A) 1. ร่วมกันทำงานกลุ่มอย่างตั้งใจทำตามบทบาทหน้าที่ความเป็นผู้นำและผู้ตามได้เหมาะสมทำให้งานเสร็จทันเวลาและมีคุณภาพ	- ประเมินจากการสังเกตการทำงานภายในกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนสนใจและให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งชั้น

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้ (จุดเด่น/ดี , จุดด้อย/ข้อบกพร่อง , แนวทางแก้ไขพัฒนา)

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมของผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้สอน

(นายวัลลภ ปริญทอง)

วันที่ ..... เดือน .....พ.ศ.....

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

(นายอนุวัตน์ ตรีจิตรวัฒนากูล)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารวิชาการ

.....

.....

.....

(นางกลิ่นสุคนธ์ จอมไพรศรี)

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ

ปฏิบัติหน้าที่ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายบริหารวิชาการ

ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียน

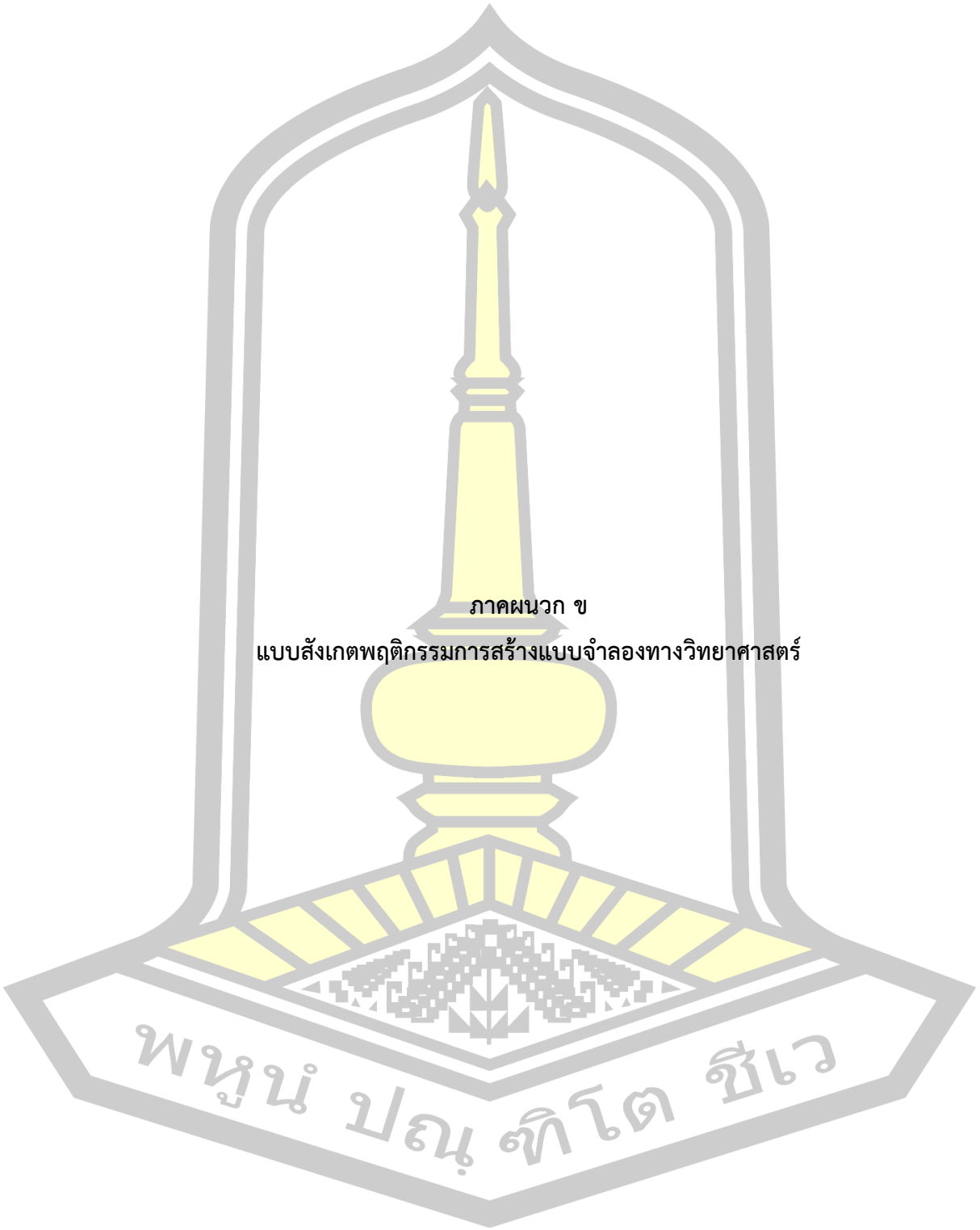
.....

.....

.....

(นางอนงค์ พืชสิงห์)

ผู้อำนวยการโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธัวชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด



ภาคผนวก ข

แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ..... เรื่อง .....

ผู้สอน นายวัลลภ ปริญทอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา เคมี 4 (ว32222)

ผู้สังเกต (บันทึกข้อมูล) .....

วัน/เดือน/ปีที่สังเกต (บันทึกข้อมูล) .....

ช่วงเวลา การสังเกต (บันทึกข้อมูล) .....

****

คำชี้แจง : ให้ผู้สังเกต (บันทึกข้อมูล) ทำการบันทึกข้อมูล ผลการเรียนรู้ พฤติกรรมผู้เรียน สภาพปัญหา ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena) หมายถึง การทำให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐานโดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง นักเรียนจะได้ศึกษาสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวันหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (การทดลอง) หลังจากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษา เข้าสู่สถานการณ์ที่เผชิญเพื่อสร้างแบบจำลองในขั้นถัดไป ในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้นักเรียนจะเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 – 6 คน

ผลการเรียนรู้

.....

.....

พฤติกรรมผู้เรียน

.....

.....

สภาพปัญหา

.....

.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) หมายถึง ครูกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ หลังจากนั้นครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยสอนโดยสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

พฤติกรรมผู้เรียน

.....

.....

.....

สภาพปัญหา

.....

.....

.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

พหุน ปญฺ ฑิโต ชีว

ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) หมายถึง ขั้นที่จะประเมินแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างไว้ใน โดยทำการประเมินว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน เช่น การทดลองศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรและครูกับนักเรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

สภาพปัญหา

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) หมายถึง นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือ กฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

สภาพปัญหา

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) หมายถึง การนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ โดยมีขั้นตอนของแบบจำลอง

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

พฤติกรรมผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

สภาพปัญหา

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

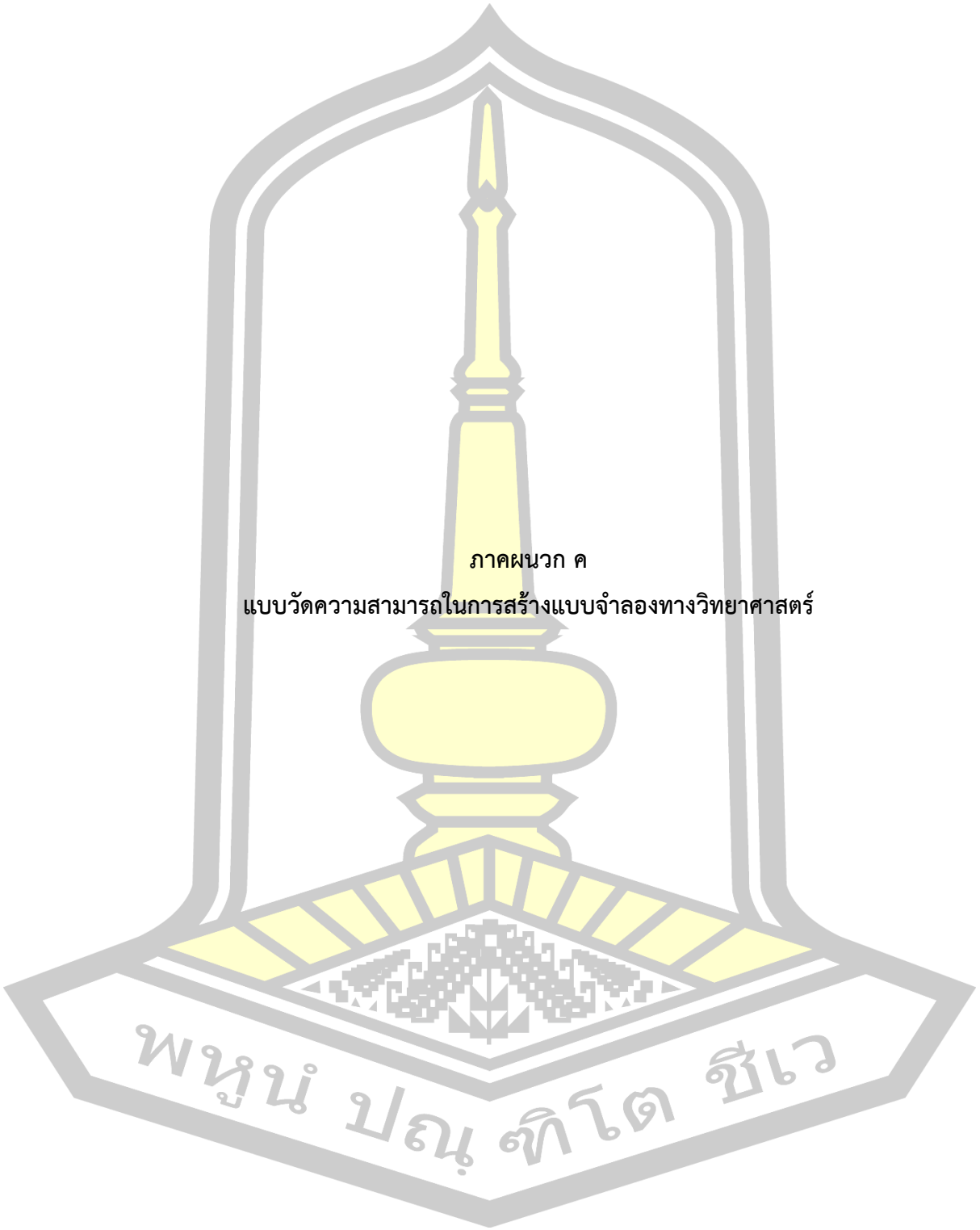
.....

.....

.....

.....

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีว



ภาคผนวก ค

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

เรื่อง .....

รายวิชา เคมี 4 (ว32222) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัน/เดือน/ปี .....

สมาชิกภายในกลุ่ม (ชื่อกลุ่ม) .....

1. .....เลขที่ .....
2. .....เลขที่ .....
3. .....เลขที่ .....
4. .....เลขที่ .....
5. .....เลขที่ .....
6. .....เลขที่ .....

คำชี้แจง :

1. แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัย เรื่อง “การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมีผู้วิจัย คือ นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดจะถูกนำเสนอโดยภาพรวมและไม่ส่งผลต่อผู้ตอบแบบวัดแต่อย่างใด จึงขอความกรุณาท่านตอบคำถามด้วยความตั้งใจ

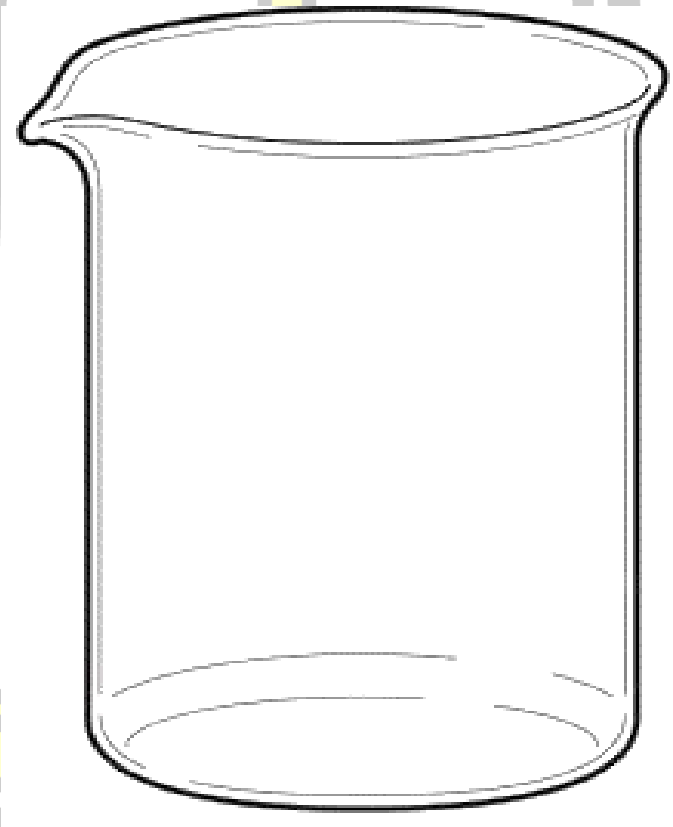
2. อ่านคำถามและแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ในที่ว่างใต้คำถามแต่ละข้อ พร้อมให้เหตุผลประกอบความคิดเห็น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ส่วนที่ 1. การสร้างแบบจำลองทางความคิด

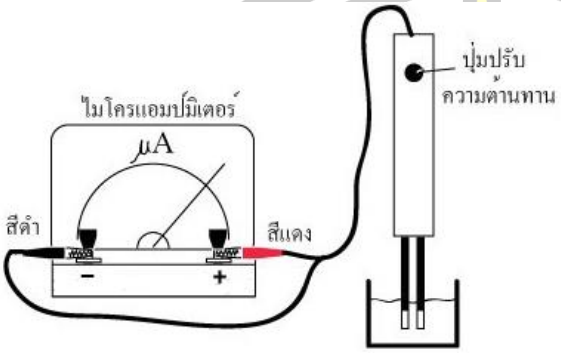
การสร้างแบบจำลองทางความคิด หมายถึง นักเรียนการวาดภาพ สื่อสารออกเป็นภาษาสัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์แนวคิดกระบวนการหรือระบบเพื่อนำมาที่อธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ

1. เมื่อนำสาร CH_3COOH มาละลายน้ำและทดสอบการนำไฟฟ้า พบว่า สารละลาย CH_3COOH สามารถนำไฟฟ้าได้ ความสว่างของหลอดไฟน้อย การเปลี่ยนสีของลิตมัส น้ำเงิน → แดง ให้นักเรียน วาดภาพเขียนปฏิกิริยาแสดงปรากฏการณ์ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบอย่างละเอียด



พหุน ปณ ทิโต ชีเว

2. เมื่อนำไมโครแอมแปร์ต่อเข้ากับเครื่องตรวจการนำไฟฟ้า แล้วจุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในน้ำกลั่น ดังรูป พบว่า น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก จนไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าธรรมดา แต่เมื่อใช้แอมมิเตอร์ช่วยในการทดสอบเข็มของแอมมิเตอร์เบนเล็กน้อย



น้ำชนิดต่าง ๆ	ตรวจการนำไฟฟ้า	วัดด้วยแอมมิเตอร์
น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง	หลอดไฟไม่สว่าง	40
น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60-70 ^{o}C	หลอดไฟไม่สว่าง	80
น้ำคลอง	หลอดไฟไม่สว่าง	90
น้ำประปา	หลอดไฟไม่สว่าง	85
น้ำฝน	หลอดไฟไม่สว่าง	80

จากภาพและผลการทดลอง ให้นักเรียนวาดภาพ เขียนปฏิกิริยาแสดงปรากฏการณ์ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบอย่างละเอียด

2. การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุที่เป็น 3 มิติ คงทนแบบแบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเสมือนกันแบบ ตำแหน่งต่อตำแหน่ง และเน้นที่ลักษณะสำคัญ มักทำจากวัสดุ

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนตารางเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองทางความคิดกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา

แบบจำลอง	การอธิบายปรากฏการณ์ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์	
	ความเหมือน	ความแตกต่าง
แบบจำลองทางความคิด		
แบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์		

แบบจำลองเรื่อง.....

2. ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์ โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและแสดงเหตุผลการเลือกอุปกรณ์ พร้อมทั้งรายละเอียดการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

2.1 การรวบรวมข้อมูล

.....

.....

.....

.....

2.2 เหตุผลการเลือกอุปกรณ์

2.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

ส่วนที่ 3. การนำเสนอ

การนำเสนอ หมายถึง นักเรียนได้ออกมานำเสนอ แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นการสะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียน และร่วมกันพิจารณาความถูกต้องของมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พร้อมทั้ง ในการเปรียบเทียบและสร้างความแตกต่างของแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเดียวกัน

1. ให้นักเรียนสรุปและอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด แบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา (ระดับมหภาค (Macroscopic level) ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level)) ได้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด มีข้อจำกัดและข้อปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูล ในการอภิปราย

ประเด็น	การนำเสนอข้อมูล
1. ข้อสรุปและอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด แบบจำลอง 3 มิติ	
2. การอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3 ระดับ 2.1 ระดับมหภาค 2.2 ระดับจุลภาค 2.3 ระดับสัญลักษณ์	
3. ข้อจำกัดและข้อปรับปรุงแบบจำลอง	

แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 - 8

เรื่อง .....

รายวิชา เคมี 4 (ว32222) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัน/เดือน/ปี .....

สมาชิกภายในกลุ่ม (ชื่อกลุ่ม) .....

1. .....เลขที่ .....
2. .....เลขที่ .....
3. .....เลขที่ .....
4. .....เลขที่ .....
5. .....เลขที่ .....
6. .....เลขที่ .....

คำชี้แจง :

1. แบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัย เรื่อง “การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมีผู้วิจัย คือ นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดจะถูกนำเสนอโดยภาพรวมและไม่ส่งผลต่อผู้ตอบแบบวัดแต่อย่างใด จึงขอความกรุณาท่านตอบคำถามด้วยความตั้งใจ

2. อ่านคำถามและแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ในที่ว่างใต้คำถามแต่ละข้อ พร้อมให้เหตุผลประกอบความคิดเห็น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ส่วนที่ 1. การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุที่เป็น 3 มิติ คงทนแบบแบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเสมือนกันแบบ ตำแหน่งต่อตำแหน่ง และเน้นที่ลักษณะสำคัญ มักทำจากวัสดุ

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนตารางเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองทางความคิดกับสิ่งที่นักเรียน สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา

แบบจำลอง	การอธิบายปรากฏการณ์ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์	
	ความเหมือน	ความแตกต่าง
แบบจำลองทางความคิด		
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์		

แบบจำลองเรื่อง.....

2. ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและแสดงเหตุผลการเลือกอุปกรณ์ พร้อมทั้งรายละเอียดการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

2.1 การรวบรวมข้อมูล

.....

.....

.....

.....

2.2 เหตุผลการเลือกอุปกรณ์

2.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีว

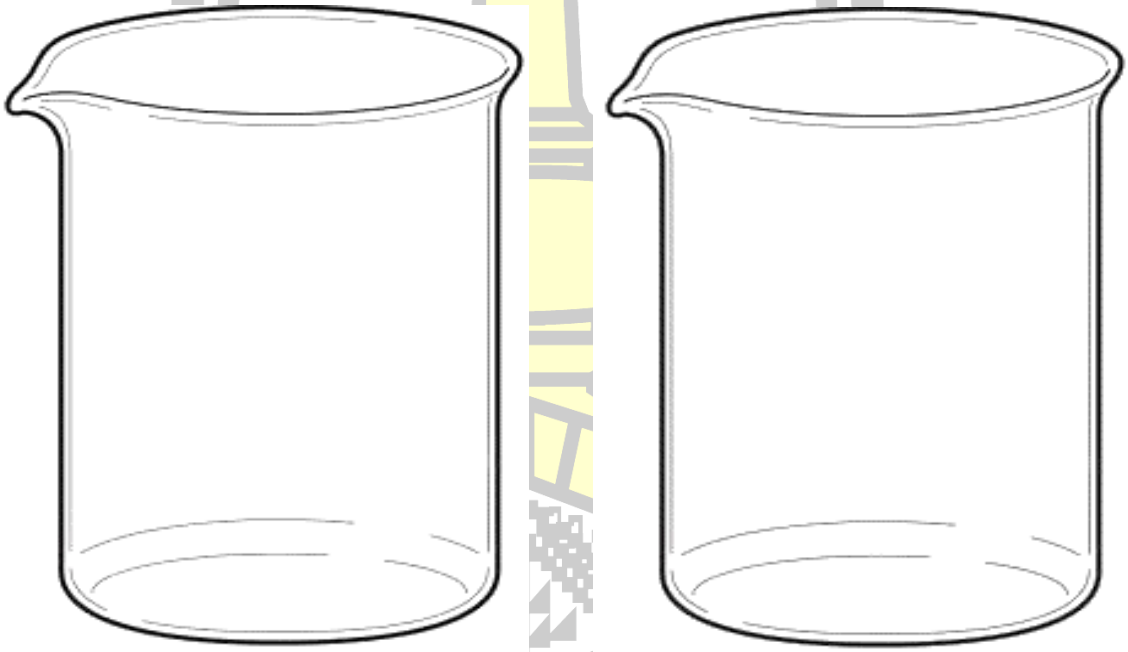
ส่วนที่ 2. การสร้างแบบจำลองทางความคิด

การสร้างแบบจำลองทางความคิด หมายถึง นักเรียนการวาดภาพ สื่อสารออกเป็นภาษาสัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์แนวคิดกระบวนการหรือระบบเพื่อนำมาที่อธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ

1. จงพิจารณาสมการต่อไปนี้

$$Hln\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + ln^-\ (aq)$$

การเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ฟีนอลเรด ช่วง pH 6.8–8.4 คือสีเหลือง–แดง เมื่อเติมกรดไนตริกลงไปในสารละลายจนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี จากสมการและการทดลองให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ วาดภาพแสดงปรากฏการณ์ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบอย่างละเอียด ให้สอดคล้องกับสีที่ปรากฏหลังการเติมกรดให้ถูกต้อง



ก่อนเติมกรดไนตริก **หลังเติมกรดไนตริก**

.....

.....

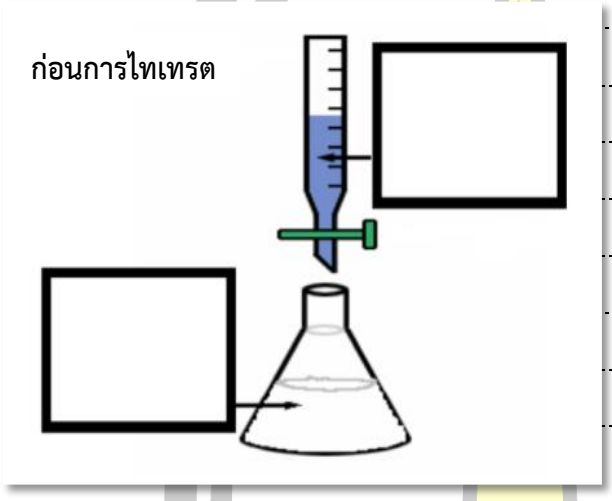
.....

.....

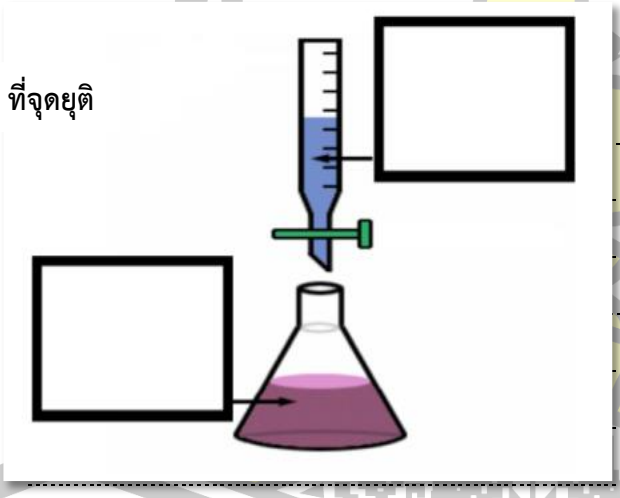
.....

2. การไทเทรตสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยอินดิเคเตอร์ที่ใช้ คือฟีนอลฟธาลีน ให้นักเรียนระบุสารที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมของบิวเรตและขวดรูปชมพู่ก่อนการไทเทรต, ที่จุดยุติ และหลังจุดยุติ ตามลำดับ ว่ามีสารที่อยู่ภายในมีลักษณะอย่างไร (ไม่ต้องระบุอินดิเคเตอร์) ให้นักเรียนวาดภาพ เขียนปฏิกิริยาแสดงปรากฏการณ์ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบอย่างละเอียด

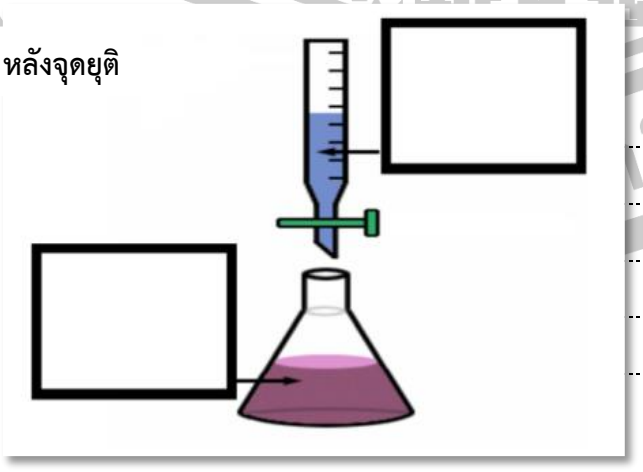
ก่อนการไทเทรต



ที่จุดยุติ



หลังจุดยุติ



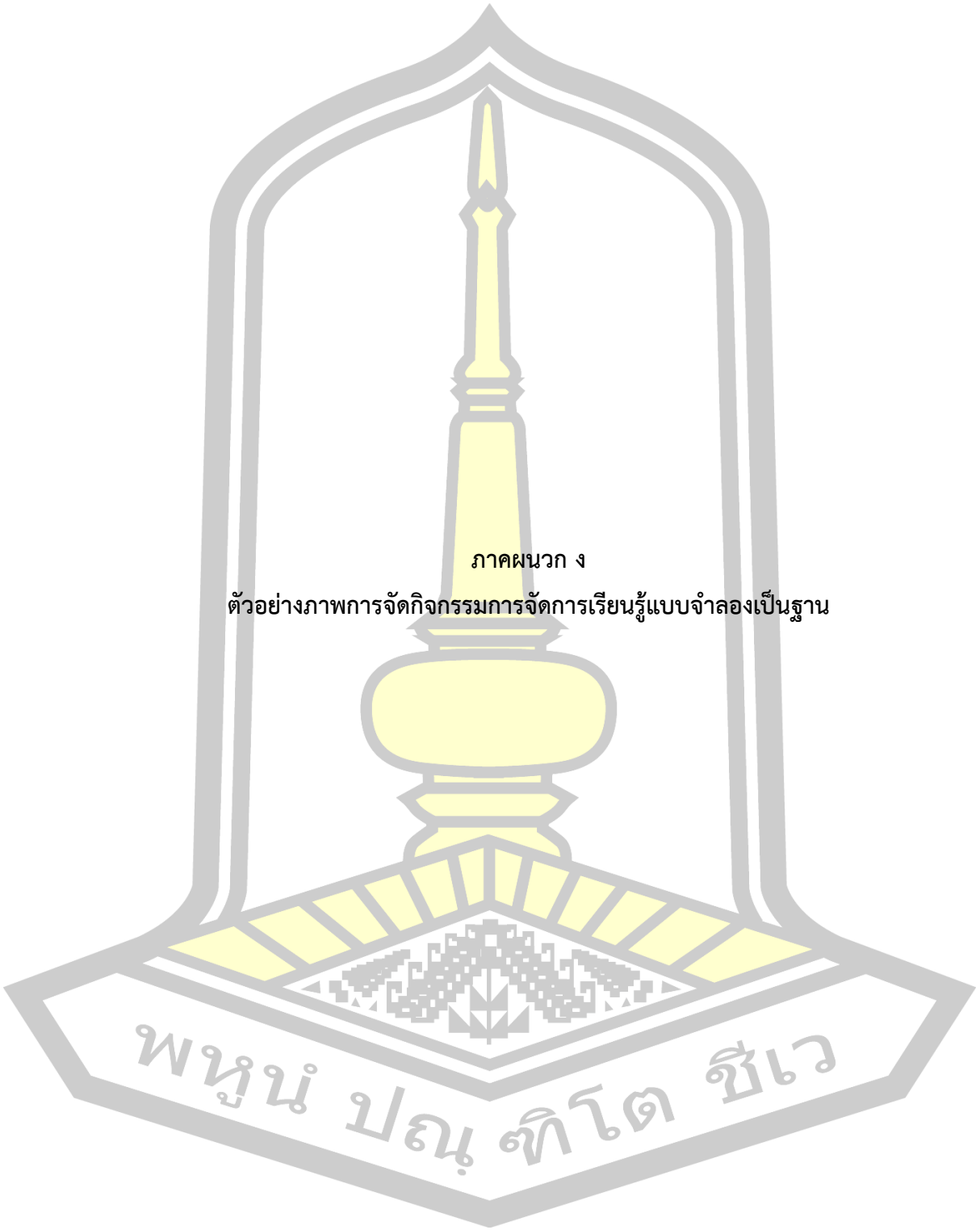
ส่วนที่ 3. การนำเสนอ

การนำเสนอ หมายถึง นักเรียนได้ออกมานำเสนอ แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นการสะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียน และร่วมกันพิจารณาความถูกต้องของมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พร้อมทั้ง ในการเปรียบเทียบและสร้างความแตกต่างของแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเดียวกัน

1. ให้นักเรียนสรุปและอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด แบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา (ระดับมหภาค (Macroscopic level) ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level)) ได้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด มีข้อจำกัดและข้อปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูล ในการอภิปราย

ประเด็น	การนำเสนอข้อมูล
1. ข้อสรุปและอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด แบบจำลอง 3 มิติ	
2. การอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3 ระดับ 2.1 ระดับมหภาค 2.2 ระดับจุลภาค 2.3 ระดับสัญลักษณ์	
3. ข้อจำกัดและข้อปรับปรุงแบบจำลอง	

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena)

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena)

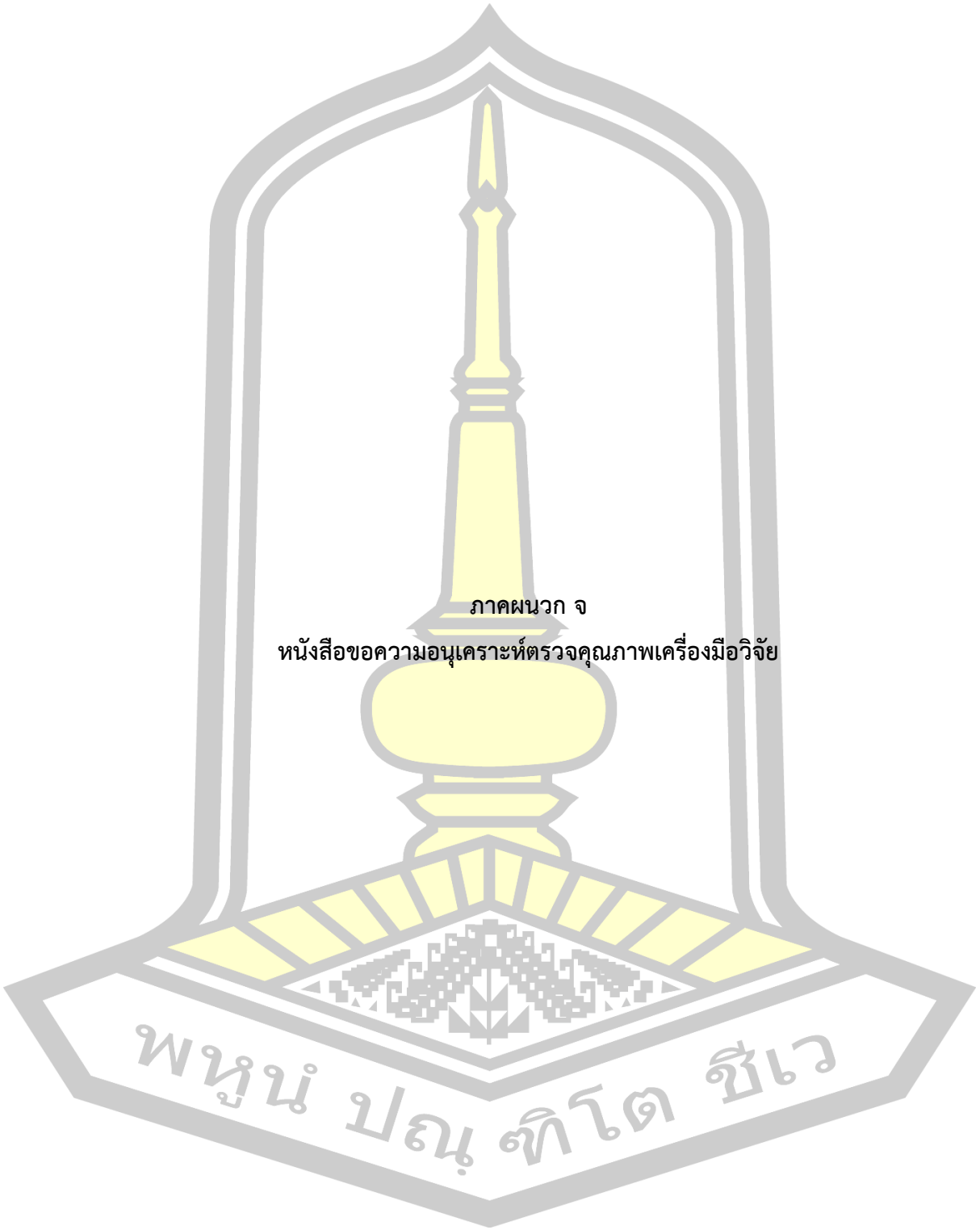
ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model)

ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)



ภาคผนวก จ

หนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ที่ อว 0605.5(2)/ว1402

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 เมษายน 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้

ด้วย นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0643250001

ที่ อว 0605.5(2)/ว1402

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 เมษายน 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง

ด้วย นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0643250001

ที่ อว 0605.5(2)/ว1402

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 เมษายน 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางอนงค์ พืชสิงห์

ด้วย นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0643250001

ที่ อว 0605.5(2)/ว1402 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 เมษายน 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวประเทืองสุข มณีล้ำ

ด้วย นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0643250001

ที่ อว 0605.5(2)/ว1402

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 เมษายน 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางชวนชื่น มลิลา

ด้วย นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0643250001

ที่ อว 0605.5(2)/ว1403

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 เมษายน 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี

ด้วย นายวัลลภ ปริญทอง นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

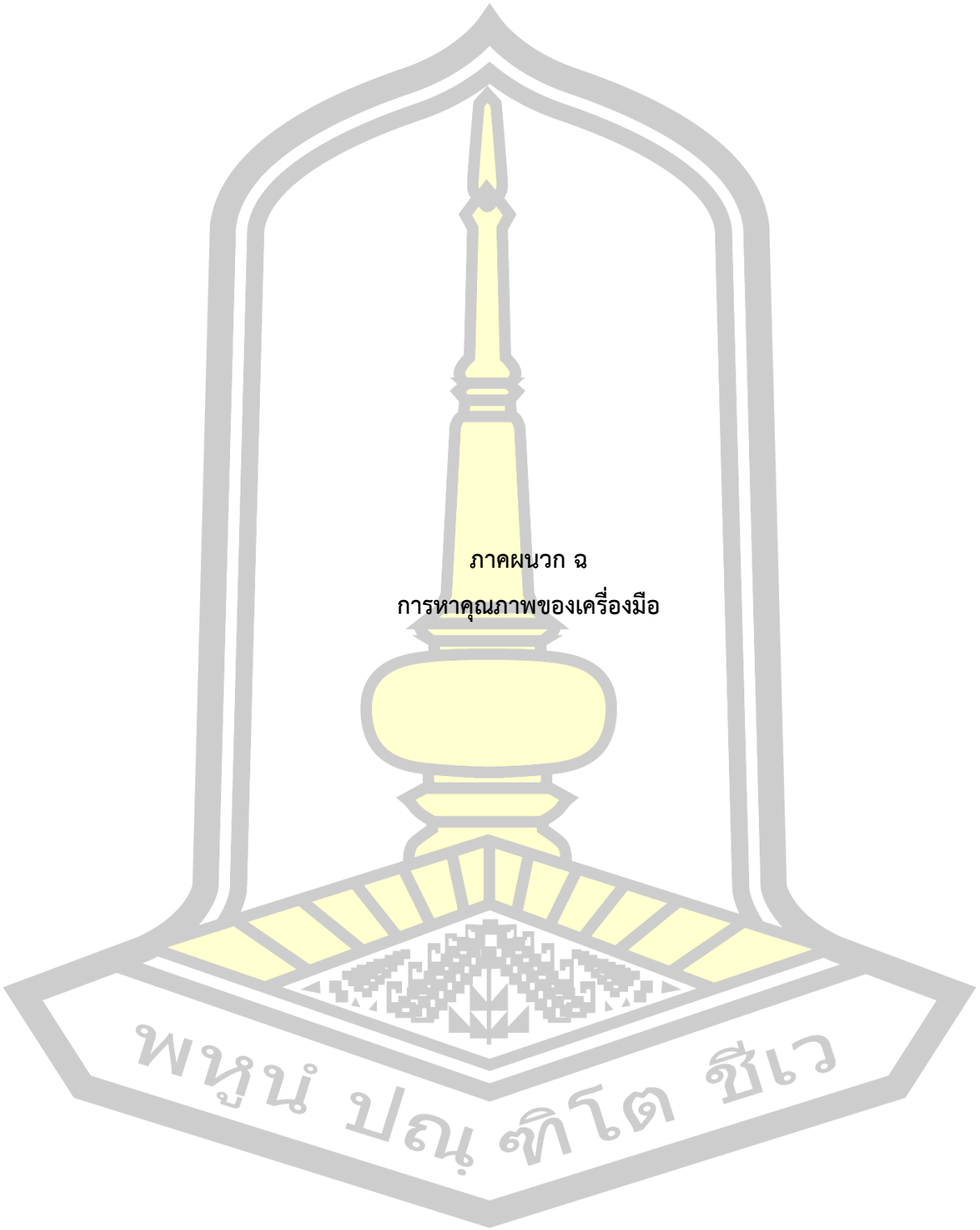
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นายวัลลภ ปริญทอง เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0643250001



ภาคผนวก ฉ
การหาคุณภาพของเครื่องมือ

ตาราง 10 แสดงผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	คะแนนเฉลี่ย	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
1.2	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
1.3	5	5	4	5	5	24	4.80	ดีมาก
1.4	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
2.1	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
2.2	5	5	5	5	4	24	4.80	ดีมาก
2.3	5	5	5	5	4	24	4.80	ดีมาก
2.4	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
3.1	5	4	5	3	4	21	4.20	ดี
3.2	5	3	5	4	5	22	4.40	ดี
3.3	5	4	5	4	5	23	4.60	ดีมาก
3.4	4	4	5	4	5	22	4.40	ดี
3.5	5	4	5	3	5	22	4.40	ดี
3.6	5	5	4	5	5	24	4.80	ดีมาก
3.7	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
3.8	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.1	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.2	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.3	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.4	5	4	5	4	5	23	4.60	ดีมาก
4.5	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
5.1	4	5	5	5	4	23	4.60	ดีมาก
5.2	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
5.3	5	5	4	5	5	24	4.80	ดีมาก
5.4	1	4	5	5	5	20	4.00	ดี
5.5	1	5	5	5	5	21	4.20	ดี
รวม	120.00	122.00	127.00	116.00	126.00	611	122.20	
ค่าเฉลี่ย	4.62	4.69	4.88	4.46	4.85	23.65	4.70	
ระดับคุณภาพ	4.70							

ตาราง 11 แสดงผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	คะแนนเฉลี่ย	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
1.2	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
1.3	5	5	4	5	5	24	4.80	ดีมาก
1.4	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
2.1	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
2.2	5	5	5	5	4	24	4.80	ดีมาก
2.3	5	5	5	5	4	24	4.80	ดีมาก
2.4	4	5	5	5	5	24	4.80	ดีมาก
3.1	4	4	5	3	4	21	4.20	ดี
3.2	4	3	5	4	5	21	4.20	ดี
3.3	4	4	5	4	5	22	4.40	ดี
3.4	4	4	5	4	5	22	4.40	ดี
3.5	5	4	5	3	5	22	4.40	ดี
3.6	5	5	4	5	5	24	4.80	ดีมาก
3.7	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
3.8	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.1	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.2	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.3	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
4.4	4	4	5	4	5	22	4.40	ดีมาก
4.5	5	5	5	4	5	24	4.80	ดีมาก
5.1	5	5	5	5	4	24	4.80	ดีมาก
5.2	5	5	5	5	5	25	5.00	ดีมาก
5.3	5	5	4	5	5	24	4.80	ดีมาก
5.4	1	4	5	5	5	20	4.00	ดี
5.5	1	5	5	5	5	21	4.20	ดี
รวม	116	122	127	116	126	607	121.40	
ค่าเฉลี่ย	4.46	4.69	4.88	4.46	4.85	23.35	4.67	
ระดับคุณภาพ	4.67							

ตาราง 12 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena)								
1.1	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.3	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)								
2.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
2.3	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
2.4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model)								
3.1	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)								
4.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
4.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.3	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
4.4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)								
5.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.3	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
5.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
รวม	19	15	18	15	20	87	17.40	
ค่าเฉลี่ย	0.95	0.75	0.90	0.75	1.00	4.35	0.87	
ระดับคุณภาพ	0.87							
	ใช้ได้							

ตาราง 13 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena)								
1.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.3	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)								
2.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
2.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
2.3	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
2.4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
ขั้นที่ 3 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model)								
3.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
ขั้นที่ 4 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)								
4.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
4.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
4.3	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
4.4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)								
5.1	+1	0	+1	+1	+1	4	1.00	ใช้ได้
5.2	+1	0	+1	+1	+1	4	1.00	ใช้ได้
5.3	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
5.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
รวม	19	9	19	16	20	87	16.60	
ค่าเฉลี่ย	0.95	0.45	0.95	0.80	1.00	4.15	0.83	
ระดับคุณภาพ	0.83							
	ใช้ได้							

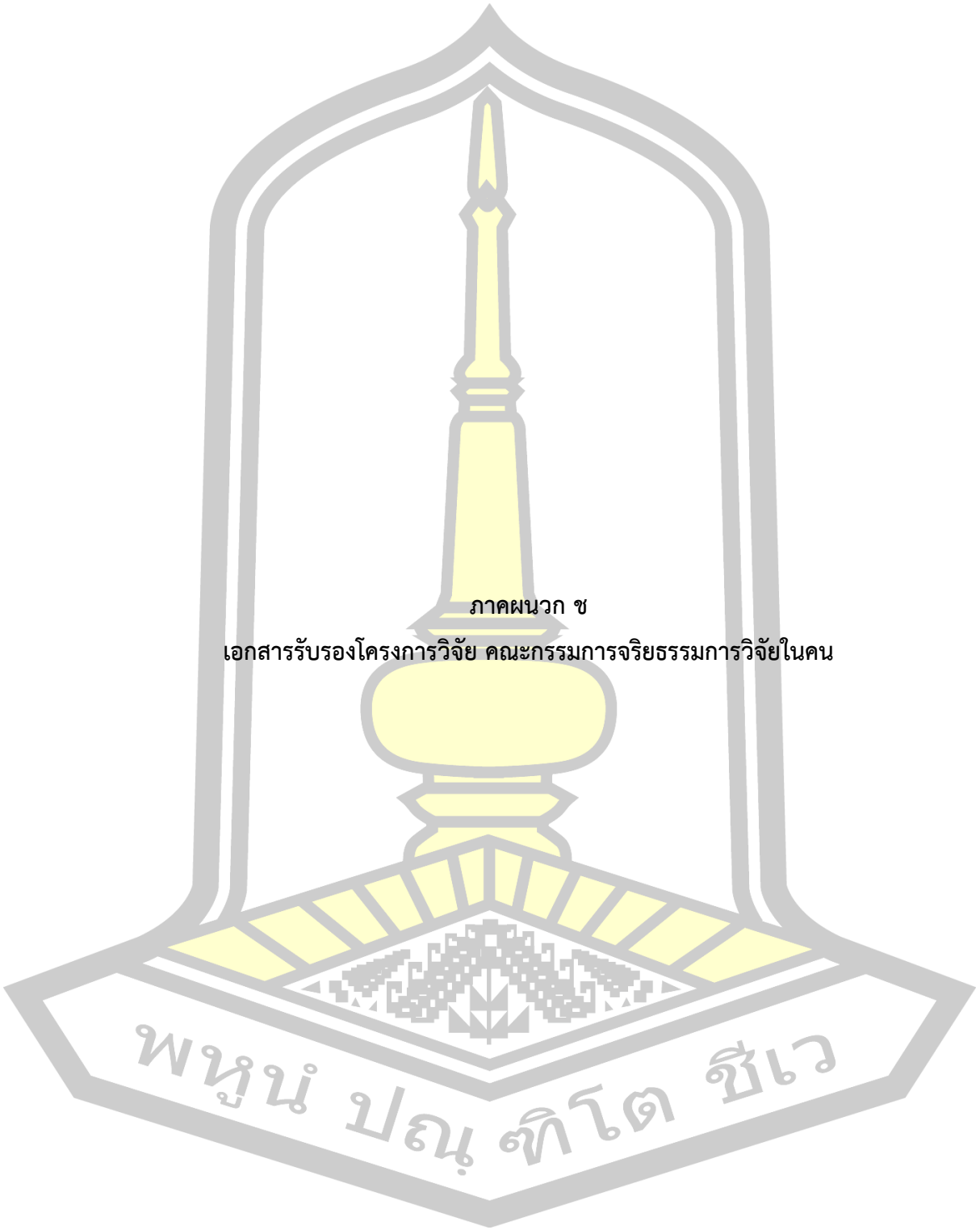
ตาราง 14 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)								
1.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.2	+1	0	+1	0	+1	3	0.60	ใช้ได้
ส่วนที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model)								
2.1	+1	0	+1	+1	+1	4	1.00	ใช้ได้
2.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
ส่วนที่ 3 การนำเสนอ (Presentation Model)								
3.1	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
รวม	5	1	5	3	5	19	3.80	
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.20	1.00	0.60	1.00	3.80	0.76	
ระดับคุณภาพ	0.76							
	ใช้ได้							

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 15 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับแบบวัดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)								
1.1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.2	+1	0	+1	0	+1	3	0.60	ใช้ได้
ส่วนที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model)								
2.1	+1	0	+1	+1	+1	4	1.00	ใช้ได้
2.2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
ส่วนที่ 3 การนำเสนอ (Presentation Model)								
3.1	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
รวม	5	1	5	3	5	19	3.80	
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.20	1.00	0.60	1.00	3.80	0.76	
ระดับคุณภาพ	0.76							
	ใช้ได้							



ภาคผนวก ช

เอกสารรับรองโครงการวิจัย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

147

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

เลขที่การรับรอง : 207/2563

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ) Development of Modeling Skill Entitle Acid-Base of Mattayomsuksa5 Students Through Model - Based - Learning.

ผู้วิจัย : นายวัลลภ ปริญทอง

หน่วยงานที่รับผิดชอบ : คณะศึกษาศาสตร์

สถานที่ทำการวิจัย : โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ตำบลนิเสศน์ อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

ประเภทการพิจารณาแบบ : แบบเร่งรัด

วันที่รับรอง : 24 กรกฎาคม 2563 **วันหมดอายุ** : 23 กรกฎาคม 2564

ข้อเสนอการวิจัยนี้ ได้รับการพิจารณาและให้ความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคามแล้ว และอนุมัติในด้านจริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องข้างต้นได้ บนพื้นฐานของโครงร่างงานวิจัยที่คณะกรรมการฯ ได้รับและพิจารณา เมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้วให้ผู้วิจัยส่งแบบฟอร์มการปิดโครงการและรายงานผลการดำเนินงานมายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หรือหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจักต้องยื่นขอรับการพิจารณาใหม่

ภาคิ สร้างจิตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เภสัชกรหญิงราตรี สว่างจิตร)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)

MAHASARAKHAM UNIVERSITY ETHICS COMMITTEE FOR
RESEARCH INVOLVING HUMAN SUBJECTS

Certificate of Approval

Approval number: 207/2020

Title : Development of Modeling Skill Entitle Acid-Base of Mattayomsuksa5 Students Through Model - Based - Learning.

Principal Investigator : Mr. Wanloph Prainthong
Responsible Department : Faculty of Education
Research site : Sueksa Songkhro Thawat Buri School, Roi-Et Province

Review Method : Expedited Review

Date of Manufacture : 24 July 2020 **expire :** 23 July 2021

This research application has been reviewed and approved by the Ethics Committee for Research Involving Human Subjects, Mahasarakham University, Thailand. Approval is dependent on local ethical approval having been received. Any subsequent changes to the consent form must be re-submitted to the Committee.

Ratree S.

(Asst. Prof. Ratree Sawangjit)
Chairman

Approval is granted subject to the following conditions: (see back of this Certificate)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายวัลลภ ปริญทอง
วันเกิด	วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 60 บ้านหนองแก หมู่ที่ 11 ตำบลนาเพียง อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40130
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู อันดับ คศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี เลขที่ 28 หมู่ที่ 14 ตำบลนิเวศน์ อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45170
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจตุรมิตรวิทยาคาร จังหวัดขอนแก่น
	พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชุมแพศึกษา จังหวัดขอนแก่น
	พ.ศ. 2556 ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา เอกเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	พ.ศ. 2563 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว