การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ธนวรรณ เทียนศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ธนวรรณ เทียนศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY USING MODEL-BASED INQUIRY

THANAWAN THEANSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ธนวรรณ เทียนศรี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

66910121: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ธนวรรณ เทียนศรี : การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY USING MODEL-BASED INQUIRY) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด., เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2568.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 38 คน จากโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม วิธีวิจัยใช้รูปแบบผสมผสาน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 4) อนุทินนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติ ได้แก่ ร้อยละ และ การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้โดยมีองค์ประกอบหลายด้าน ได้แก่ การคิดอย่างมีเหตุผล การอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้ ทั้งนี้การเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

66910121: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: SCIENTIFIC EXPLANATION, MODEL-BASED INQUIRY

THANAWAN THEANSRI : THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY USING MODEL-BASED INQUIRY. ADVISORY COMMITTEE: KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D. CHADE SIRISAWAT, Ed.D. 2025.

This research aimed to investigate the scientific explanation ability of students who received learning by model-based inquiry. This study included 38 students in grade 11 from Chonradsadornumrung School, Conburi Province derived from clusters random sampling. This study was conducted via a mixed methods approach. The research instruments consisted of model-based inquiry lesson plans, a scientific explanation ability test, an assessment form for evaluating students' scientific explanation activities, and student journals. For data analysis, quantitative data were analyzed using statistical methods, including percentages and the paired sample t-test. Meanwhile, qualitative data were examined through content analysis. The findings revealed that students' overall ability to construct scientific explanations significantly improved after engaging in the learning process. The post-test mean scores were statistically significant higher than the pre-test mean scores at the .05 level both overall and every component. The model-based inquiry learning approach is a pedagogical process designed to enhance students' abilities to construct scientific explanations through various components, including logical thinking, systematic scientific explanation, the integration of prior knowledge with new situations, and the use of models as learning tools. Such learning requires the application of scientific processes to effectively develop students’ competencies in constructing scientific explanations.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยอย่างต่อเนื่อง จนสามารถดำเนินการวิจัยและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ได้สำเร็จ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา ทองสอน และอาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะซึ่งช่วยพัฒนางานวิจัยฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์, ดร.ณวรา สีที, นายธนายุต จันทราเขต, นางสาวปนัดดา สุรเมธสกุล และนางนันรัตน์ ประพุสโร ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือวิจัย เพื่อยกระดับคุณภาพของเครื่องมือให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณครอบครัว "เทียนศรี" และญาติมิตรทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนอย่างอบอุ่น รวมถึงเพื่อนร่วมสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ทุกคน ที่ช่วยเหลือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างมีคุณค่า ตลอดช่วงเวลาของการดำเนินการวิจัย

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบพระคุณต่อโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและการวิจัย อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุด ข้าพเจ้าขอมอบความสำเร็จจากการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แด่บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ด้วยความสำนึกในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ธนวรรณ เทียนศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
บทที่ 1 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 คำถามวิจัย 6
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 6
1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย 8
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 9
บทที่ 2 12
2.1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 12
2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 21
2.3 แบบจำลอง 35
2.4 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 38
2.5 อนุทินเพื่อการสะท้อนคิดและการเรียนรู้ 46
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51

บทที่ 3 58
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 58
3.2 รูปแบบการวิจัย 58
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 59
3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60
3.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 72
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 73
บทที่ 4 78
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 78
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 79
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 79
1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 79
2. ผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 81
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้ 84
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้ 93

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง อินดิเคเตอร์ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้ . 103

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง การไทเทรตกรด-เบส โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้ 111

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้ 119

บทที่ 5 136

สรุปผลการวิจัย 136

อภิปรายผลการวิจัย 137

ข้อเสนอแนะ 146

บรรณานุกรม 148

ภาคผนวก ก 156

ภาคผนวก ข 165

ภาคผนวก ค 188

ประวัติย่อของผู้วิจัย 204

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 14

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน 17

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 26

ตารางที่ 4 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 33

ตารางที่ 5 เกณฑ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ดัดแปลงจาก McNeill และ Krajcik, 2012) 45

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สถานการณ์ที่ใช้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส 60

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ (ดัดแปลงจาก McNeill และ Krajcik, 2012) 66

ตารางที่ 8 สรุปการวิเคราะห์ข้อมูล 75

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 79

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติ Paired sample t-test 80

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ 128

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์เป็นกลไกที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงยุคศตวรรษที่ 21 ในหลาย ๆ ด้าน เนื่องจากความสามารถในการสร้างความเข้าใจและสร้างนวัตกรรมที่มีผลต่อด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และอื่น ๆ เช่น นวัตกรรมเทคโนโลยีทางการแพทย์ เทคโนโลยีสารสนเทศ การแก้ไขปัญหาสังคมกับการจัดการโรคระบาด เช่น การวิจัยและพัฒนาวัคซีน COVID-19 การจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อโลก อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้เข้าใจและพัฒนาความรู้ในด้านต่าง ๆ เพื่อสร้างโอกาสและปรับปรุงคุณภาพชีวิตในทางที่ดีขึ้นได้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญที่นักเรียนควรได้รับการพัฒนาจากการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสมรรถนะที่สำคัญของกระบวนการนี้คือการสืบค้นและอธิบายสิ่งที่ค้นพบจากกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Beyer & David, 2008 อ้างถึงใน พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์, 2565) อีกทั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความสำคัญกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทักษะที่สำคัญที่สะท้อนหรือสื่อถึงความรู้ความเข้าใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะจะช่วยให้นักเรียนสามารถสื่อสารความเข้าใจอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่ค้นพบประกอบกับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ให้ได้คำอธิบายที่น่าเชื่อถือในประเด็นคำถามมากกว่าการตอบแบบสั้นๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565)

การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008) เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) คือความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ หากนักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใน

แง่มุมต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐานที่มีอยู่ด้วยความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ตลอดจนการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีเหตุผล อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างทักษะการสื่อสารอีกด้วย โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีเป้าหมายให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถอธิบายขยายความเรื่องราวต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) อีกทั้งความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment : PISA) ที่มีจุดมุ่งหมายในการประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศสมาชิกทั่วโลก ที่ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) เพื่อเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยการประเมินประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งในด้านวิทยาศาสตร์มีการประเมินผลใน 3 สมรรถนะ คือ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ 3) การศึกษาค้นคว้า ประเมิน และใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการตัดสินใจและการลงมือกระทำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566ก) จากเป้าหมายของหลักสูตรและการประเมินดังกล่าวสะท้อนถึงความสำคัญของการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนเพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บรรลุเป้าหมายของหลักสูตรตลอดจนมีความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง

อย่างไรก็ตาม จากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในระดับนานาชาติและมีแนวโน้มลดลง โดยผลการประเมินนักเรียนไทยในปี ค.ศ. 2018 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 426 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (489 คะแนน) และในปี ค.ศ. 2022 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 409 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (476 คะแนน) อยู่มาก และยังพบว่าร้อยละ 53 ของจำนวนนักเรียนไทยมีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับ “ต่ำกว่าระดับที่ 2” ซึ่งหมายถึงนักเรียนไม่มีความรู้ความเข้าใจระดับพื้นฐาน และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566ข) อีกทั้งจากการสัมภาษณ์คุณครูที่ได้ทำการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี พบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามได้แต่ไม่สามารถอธิบายหรือให้เหตุผลตาม

หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ จึงเป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนไทยอีกจำนวนมากยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จึงควรพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานที่สามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นเพื่อการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในอนาคตได้

เคมีเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึงปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งเคมีแทรกซึมอยู่ในทุกกระบวนการตั้งแต่การศึกษาอนุภาคของอากาศไปจนถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้างยานอวกาศ สารที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมทางการแพทย์ การแก้ปัญหาโรคระบาด COVID-19 ปัญหาสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านความงาม เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ การตัดสินใจเรื่องอาหารและโภชนาการ วงการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตในแวดวงอุตสาหกรรม หรือแม้กระทั่งกระบวนการที่เกิดขึ้นในร่างกายมีหลักการและแนวคิดเคมีเป็นองค์ประกอบทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม แนวคิดที่เกี่ยวกับวิชาเคมีจำนวนมากมักเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยความเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับจุลภาค ระดับมหภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยการศึกษาดังกล่าวอาศัยกระบวนการทางเคมีในด้านการปฏิบัติหรือการทดลอง การจำแนก การคิด (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดในระดับจุลภาคเข้ากับสิ่งที่มองเห็นในระดับมหภาคและการเขียนสัญลักษณ์ทางเคมีได้จะสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิชาเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเรียกการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแนวคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ว่า การอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีสามระดับ (Three Level of Chemical Representation) โดยระดับมหภาคเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ระดับจุลภาคเป็นการอธิบายที่บ่งบอกว่าปรากฏการณ์ที่สังเกตนั้นประกอบด้วยอะตอม ไอออน โมเลกุลใดบ้าง และระดับสัญลักษณ์เป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางเคมีโดยการใช้สัญลักษณ์ (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) โดยคำอธิบายต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการอธิบายว่าสิ่งต่าง ๆเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยมีการใช้หลักฐานและเหตุผล เพื่อสนับสนุนคำอธิบายนั้น (McNeill and Krajcik, 2008) ซึ่งในการเรียนวิชาเคมีหากนักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายในระดับจุลภาคได้อาจทำให้นักเรียนนึกภาพไม่ออกและไม่สามารถทำความเข้าใจแนวคิดหลักทางเคมีได้ (พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ, 2558) ด้วยเหตุนี้นักเคมีจึงมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางเคมีได้ โดยแบบจำลองเป็นหนึ่งทางเลือกที่ถูกคาดหวังให้นำไปใช้ในห้องเรียนเคมี เนื่องจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะช่วยให้เห็น

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ และเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของอนุพงศ์ ไพรศรี (2560) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับจากการสร้างแบบจำลองได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิวรรณ สุวรรณโชติ (2562) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังแนวคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้ จะเห็นได้ว่าแบบจำลองสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับเพื่อนำไปสู่การใช้อธิบายเชิงเหตุผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงค์, 2557)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry: MBI) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นจาก Windschitl et al. ในปี 2008 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนานักเรียนให้สามารถสร้างคำอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองผ่านการสืบเสาะหาความรู้ โดยลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ สามารถทดสอบได้ (testable) แก้ไขได้ (revisable) อธิบายได้ (explanatory) คาดเดาได้ (conjectural) และสร้างสรรค์ได้ (generative) อีกทั้งแบบจำลองนั้นเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนความคิดในการสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นซึ่งอาจเป็นปรากฏการณ์ระดับมหภาคที่สามารถสังเกตเห็นได้ หรือปรากฏการณ์ระดับจุลภาคที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ก็ได้ รวมถึงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอ้างอิงเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้นและอธิบายผลการศึกษาที่ค้นพบ โดยแบบจำลองจะแสดงให้เห็นภาพที่อยู่ในสมองและมีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลหรือเรียกว่า แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) ซึ่งการสร้างแบบจำลองทางความคิดสามารถสร้างออกมาได้หลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม คำบรรยาย หรือภาพวาด เป็นต้น เรียกแบบจำลองนี้ว่าแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) ดังนั้น การสร้างแบบจำลองจึงกลายเป็นวิถีของการคิด การอธิบายเรื่องที่เป็นนามธรรมในวิชาเคมี โดยนักเคมีจะพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนของอนุภาคที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมสามารถเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงค์, 2557) โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานคาดหวังให้ 1) นักเรียนใช้ความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองเพื่อทำนายผลลัพธ์ของการทดลอง และอธิบายเหตุผล 2) ทดสอบการทำนายกับหลักฐานที่รวบรวมโดยการสังเกตและการทดลอง 3) มีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่มี และ 4) พัฒนาคำอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง (Nuffield Foundation, 2013)

โดยสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม (Constructivism) ที่มีหลักการให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองที่เกิดจากการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้และเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมตลอดจนการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ร่วมกันและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) ที่ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางความคิดในการบรรยาย อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ (2563) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพเคลื่อนไหว พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งงานวิจัยของ พัณนิดา มีลา (2560) ได้ทำการศึกษาการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของแก๊ส ของนักเรียนขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากระดับ 1 เป็นระดับที่ 2 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ที่ศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและโมเมนต์ พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

จากสภาพปัญหาและแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี เพื่อให้นักเรียนสามารถสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางเคมีที่ค้นพบจากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยความเข้าใจอย่างเป็นเหตุเป็นผลจากการเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่ค้นพบประกอบกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ

โดยการส่งเสริมนักเรียนให้เกิดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแง่มุมต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐานที่มีอยู่ด้วยความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ตลอดจนการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีเหตุผล

1.2 คำถามวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. ได้แนวทางสำหรับครูเคมีในการกำหนดสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่มีการเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาสาระเคมี เรื่อง กรด-เบส

3. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนในห้องเรียนแผนการเรียน

วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่คละความสามารถ จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 120 คน ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/14

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 38 คน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

1.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหา

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ดำเนินการผ่านเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งบรรจุอยู่ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ม.5 เคมี เล่ม 1 รวม 13 คาบ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ใช้เวลาในการวิจัย 15 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน จำนวน 1 คาบ การจัดกิจกรรม จำนวน 13 คาบ และการทดสอบหลังเรียน จำนวน 1 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (active) และสร้างความรู้ ความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism มีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือจากทฤษฎีพัฒนาการของพีอาเจต์และไวก็อตสกี้ ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎี Cognitive Constructivism และ Social Constructivism

แนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

เป็นกระบวนการที่ใช้เหตุการณ์และข้อมูลที่มีเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ มุ่งเน้นการค้นคว้าและการสร้างความรู้ใหม่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

เป็นกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง (Modeling Structure of Cognition) ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และแบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Models)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry : MBI) หมายถึง กระบวนการที่เน้นให้ผู้เรียนใช้แบบจำลองในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำการตรวจสอบแบบจำลองจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายต่อประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ส่วน ได้แก่

1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อความต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบเสาะ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ โดยปรับปรุงจากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2007) ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือความเข้าใจของผู้เรียนต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีครูตั้งประเด็นปัญหาหรือคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลหรือข้อสนับสนุนต่างๆ ผ่านการค้นคว้า การอ่านและการทำความเข้าใจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ จนได้ข้อมูลหรือหลักฐานที่เพียงพอมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น ซึ่งข้อมูลอาจได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลองด้วยตนเอง หรือแหล่งข้อมูลอื่นที่น่าเชื่อถือ

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการอธิบายความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีอยู่ โดยจะต้องอธิบายให้เห็นถึงเหตุผลที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry : MBI) หมายถึง กระบวนการที่เน้นให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนทำการตรวจสอบแบบจำลองจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายต่อประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นๆ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ส่วน ได้แก่ การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ และ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ (Setting the general parameters) คือ การวิเคราะห์ประเด็น และกำหนดขอบเขตเนื้อหา เป็นขั้นตอนที่ครูกำหนดกรอบการศึกษา โดยการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่จะศึกษาขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียนและความสำคัญของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) เป็นขั้นตอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และแบบจำลองเบื้องต้นนั้นต้องมีร่องรอยที่สื่อถึงกระบวนการ คุณสมบัติ หรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้อยู่ในแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ (Target phenomena)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้แบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นเชื่อมกับความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถทดสอบได้

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบแบบจำลองและใช้ระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ที่สามารถสังเกตได้ ซึ่งข้อมูลจะกลายเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อความเหตุผลหรืออธิบาย

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุเป็นผล (Casual argument) เพื่อยืนยันความเป็นจริงของรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ และเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธการอ้างถึงคำอธิบายหรือปฏิเสธสิ่งที่สร้างมาจากสมมติฐานในแบบจำลองเบื้องต้น

2. แบบจำลอง (Model) หมายถึง สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่ออธิบายแนวคิด หลักการ หรือปรากฏการณ์ที่มีความเป็นนามธรรมไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกประเภทของแบบจำลองเพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แบบจำลองที่แสดงออก และแผนภาพ

3. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation ability) หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อความต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบเสาะ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบหลักโดยปรับปรุงจากแนวคิดของ McNeill และ Krajcik (2007) ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือความเข้าใจของนักเรียนต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีครูตั้งประเด็นปัญหาหรือคำถามหรือให้ข้อสรุปในประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลหรือข้อสนับสนุนต่าง ๆ ผ่านการค้นคว้า การอ่านและการทำความเข้าใจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ จนได้ข้อมูลหรือหลักฐานที่เพียงพอมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น ซึ่งข้อมูลอาจได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลองด้วยตนเอง หรือแหล่งข้อมูลอื่นที่น่าเชื่อถือ

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการอธิบายความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีอยู่ โดยจะต้องอธิบายให้เห็นถึงเหตุผลที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

4. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 2 ข้อ โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ประเมินก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ประเมินเมื่อจัดกิจกรรมครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละข้อมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปและให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอที่นักเรียนจะสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อไปใช้เป็นหลักฐานและการให้เหตุผล มีการออกแบบพื้นที่ในการตอบคำถามโดยใช้คำถามชี้นำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

5. แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบประเมินที่ประเมินจากใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อติดตามความก้าวหน้าของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เนื้อหากรด-เบส ระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 5 กำหนดขอบเขตของสถานการณ์ ซึ่งข้อคำถามในใบกิจกรรมเป็นคำถามชี้นำเพื่อให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้าง พร้อมทั้งอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลและใช้หลักฐานยืนยันข้อกล่าวอ้างเหล่านั้น

6. อนุทินของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนอธิบายการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงแสดงความรู้สึก และความคิดเห็นต่างๆ ต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยในครั้งนี้ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3 แบบจำลอง

2.4 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.5 อนุทินเพื่อการสะท้อนคิดและการเรียนรู้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยสำหรับรายวิชาเพิ่มเติม สาระที่ 2 เคมี มีสาระทั้งหมด 3 สาระ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงใน

ชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการ ความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2.1.1 ผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี ว32222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

กรอบการเรียนรู้สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี มีผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี ประกอบด้วย 1 สาระ 19 ผลการเรียนรู้ ดังนี้

สาระที่ 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบส ของเบรินสเตด-ลาวรี

3. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส

4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ

7. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส

8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต

9. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

10. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

11. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

12. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

13. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์

14. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา

15. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์

16. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

17. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ

18. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

19. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้	**ผลการเรียนรู้**	**เวลา (คาบ)**
1. กรด-เบส	1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส 2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบส ของเบรินสเตด-ลาวรี 3. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส	27

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
	4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส 5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และ ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลาย หลังการสะเทิน 6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ 7. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส 8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต 9. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส	
2. ไฟฟ้าเคมี	1. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยา ที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ 2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ 3. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ 4. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา	27

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
	5. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและ แคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ 6. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น 7. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ 8. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแส ไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแส ไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกัน การกัดกร่อนของโลหะ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้า ทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า ในชีวิตประจำวัน	
	สอบกลางภาค	3
	สอบปลายภาค	3
	รวม	60

2.1.2 คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี รหัสวิชา ว32222 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด–ลาวรี และลิวอิส กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี คำนวณการแตกตัวของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน เบสอ่อน และการแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ พีเอชของสารละลาย การวัด pH สารละลายกรด –เบสใน ชีวิตประจำวันและสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาของ

กรดหรือเบสกับสารบางชนิด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส อินดิเคเตอร์สำหรับกรดและเบส การไทเทรตกรด – เบส การหาปริมาณสารด้วยการไทเทรต และสารละลายบัฟเฟอร์

คำนวณเลขออกซิเดชัน ระบุปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ การดุลสมการรีดอกซ์ และโดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวม หลักการเขียนแผนภาพของเซลล์ไฟฟ้าเคมี การต่อเซลล์กัลวานิก การหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ ค่า E° กับความเข้มข้นของสารละลาย หลักการและปฏิกิริยาเกิดขึ้นภายในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ การนำหลักการเซลล์อิเล็กโทรไลต์ไปใช้ประโยชน์ ในการแยกสารที่หลอมเหลว และสารละลาย การชุบโลหะและการทำโลหะบริสุทธิ์ ปฏิกิริยาการผุกร่อนของโลหะและการป้องกัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสมตามแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.1.3 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี ว32222 เรื่อง กรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี เรื่อง กรด-เบส ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 15 คาบ โดยแบ่งการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 13 คาบ ทำแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 1 คาบ และทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 1 คาบ โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
1. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และ	ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรด-เบส	1. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินได้	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน	(แผนที่ 1)	2. ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทินได้ 3. สร้างคำอธิบายการลดกรดเกินในกระเพาะอาหารด้วยยาลดกรดได้ 4. สนใจใฝ่รู้ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ 5. มีเหตุผลในการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 6. ใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของผู้อื่นเกี่ยวกับหลักฐานจากการสืบเสาะและแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์	
2. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ	ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (แผนที่ 2)	1. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเกลือ 2.ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือได้ 3. สร้างคำอธิบายการลดกรดเกินในกระเพาะอาหารด้วยยาลดกรดที่เป็นสารละลายเกลือ 4. สนใจใฝ่รู้ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ 5. มีเหตุผลในการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน

				(คาบ)
			6. ใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของผู้อื่นเกี่ยวกับหลักฐานจากการสืบเสาะและแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์	
3.	ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ การไทเทรตกรด-เบส	อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรด-เบส (แผนที่ 3)	1.เลือกอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตให้ใกล้เคียงกับจุดสมมูลได้ 2.อธิบายการเลือกอินดิเคเตอร์ให้ได้จุดยุติใกล้เคียงกับจุดสมมูลได้ 3.ทดลองเพื่อศึกษาการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ 4.สนใจใฝ่รู้ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ 5. มีเหตุผลในการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 6. ใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของผู้อื่นเกี่ยวกับหลักฐานจากการสืบเสาะและแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์	3

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	**สาระการเรียนรู้**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**เวลาเรียน (คาบ)**

3.	ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ การไทเทรตกรด-เบส (ต่อ)	การไทเทรตกรด-เบส (แผนที่ 4)	1. อธิบายหลักการไทเทรตได้ 2. อธิบายการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ได้ 3. ทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของสารที่ต้องการจากการไทเทรตกรด-เบสได้ 4. คำนวณหาความเข้มข้นของสารที่ต้องการจากการไทเทรตกรด-เบสได้ 5.สนใจใฝ่รู้ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ 6.มีเหตุผลในการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 7. ใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของผู้อื่นเกี่ยวกับหลักฐานจากการสืบเสาะและแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์	3
4.	อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์	สารละลายบัฟเฟอร์ (แผนที่ 5)	1.บอกส่วนประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ 2.อธิบายสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ 3.อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบบัฟเฟอร์ในชีวิตประจำวันได้	3

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	**สาระการเรียนรู้**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**เวลาเรียน (คาบ)**

	4.บอกส่วนประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ 5.อธิบายสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ 6.อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบบัฟเฟอร์ในชีวิตประจำวันได้	
สอบก่อนเรียน		1
สอบหลังเรียน		1
รวม		15

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คุณค่าของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองถูกตระหนักถึงในการขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science; AAAS, 1993; National Research Council; NRC, 1996) ทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองจำนวนมากที่นำทฤษฎีของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยในปี 2008 Windschitl, Thompson และ Braaten ได้เล็งเห็นข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม จึงได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานขึ้นเพื่อขยายกรอบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

Windschitl et al. (2008) ได้พัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการสำรวจและตรวจสอบมากขึ้น โดยใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้เยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ แนวทางการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวถูกนำเสนอขึ้นเนื่องจากวิธีการสอนตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในเรื่องของการปฏิบัติของนักวิทยาศาสตร์ เช่น กิจกรรมการทดลองตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรได้ในทุกกรณี และบางครั้งต้องอาศัยการคาดคะเนเหตุการณ์หรือตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบเสาะ สำรวจตรวจสอบ ค้นหาหลักฐานต่าง ๆ

และเมื่อพบความรู้ใหม่ผ่านการสืบเสาะ จะต้องนำเสนอต่อสังคมวิทยาศาสตร์โดยมีการวิพากษ์พิจารณาจากผู้อื่นและใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสนับสนุนข้อสรุปและการโต้แย้งอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้คำอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นได้รับการยอมรับในสังคมวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นทางการ

2.2.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายที่มีความเชื่อถือได้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาจากการใช้แบบจำลอง ในขั้นตอนแรกนักเรียนจะสร้างแบบจำลองเริ่มต้นจากความเข้าใจเดิมต่อปรากฏการณ์ จากนั้นจึงทำการสำรวจและตรวจสอบเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับการปรับแก้แบบจำลองนั้น กระบวนการนี้ช่วยเสริมความเข้าใจใหม่หรือลึกซึ้งของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดังกล่าว หลังจากที่แบบจำลองถูกปรับแก้ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ นักเรียนก็สามารถนำแบบจำลองนั้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ โดยมีทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 1) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) 2) แนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง เป็นพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้นักเรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (active) และสร้างความรู้ ความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism มีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือจากทฤษฎีพัฒนาการของพีอาเจต์ และไวก็อตสกี้ ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี คือ

1) Cognitive Constructivism เป็นทฤษฎีที่มาจากแนวคิดของเพียร์เจ (Jean Piaget) ที่เชื่อว่าโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ของมนุษย์มีการพัฒนาผ่านกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพื่อให้ปัญญาของบุคคลนั้นอยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อมนุษย์ได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น นักเรียนจะเกิดเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ หากความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นขัดกับความรู้ที่มีอยู่เดิมจะก่อให้เกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาเพื่อให้กลับเข้าสู่สภาวะสมดุลดังเดิม

2) Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มาจากแนวคิดของไวก็อตสกี้ (Lev Vygotsky) ที่เชื่อว่าสังคมและวัฒนธรรมจะเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการพัฒนา จึงมุ่งเน้นไปที่การเรียนรู้หรือการทำงานร่วมกับผู้อื่น การโต้ตอบ หรือพูดคุยกับครู เพื่อน และคนในครอบครัว หรือการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรม เพื่อช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ และพัฒนาแนวคิดให้ต่อยอดเพิ่มมากขึ้น เช่น ครูผู้สอนใช้เทคนิคการสอน ที่ให้นักเรียนได้มีการทำงานร่วมกับผู้อื่น อย่างการทำงานกลุ่ม หรือการทำโครงงาน เป็นต้น และหากเมื่อเกิดปัญหา ครูผู้สอนก็จะคอยให้คำแนะนำ เพื่อให้นักเรียนนำไปปรับใช้กับการแก้ไขปัญหาของตัวเองแนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2555)

จะเห็นได้ว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ผ่านการปฏิบัติและประสบการณ์ โดยมีการเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างความรู้ ซึ่งมีผลให้การเรียนรู้มีความหมายและมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์และสภาพแวดล้อมของนักเรียนเองมากขึ้น ทางด้านการศึกษา ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองให้นักเรียนมีโอกาสที่จะสร้างความเข้าใจและความรู้ขึ้นมาเอง โดยผ่านการสร้างสรรค์ การประสานงานกับผู้อื่น และการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมในที่ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ความรู้ที่มีความหมายและสอดคล้องกับประสบการณ์ของตนเองได้อย่างดีที่สุด

2. แนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (National Science Teachers Association; NSTA, 2004) ให้ความหมายการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ใช้เหตุการณ์และข้อมูลที่มีเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ มุ่งเน้นการค้นคว้าและการสร้างความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับในการศึกษาวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะกิจกรรมที่ให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจแนวคิดและทำความเข้าใจวิธีการศึกษาธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้สะท้อนว่านักวิทยาศาสตร์สามารถทำความเข้าใจ ธรรมชาติได้อย่างไร ซึ่งเป็นหัวใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเด็กช่วงอายุน้อยนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม มีการถามคำถามและค้นหาคำตอบของคำถามเหล่านั้น ดังนั้นแล้วเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์การสืบเสาะจะเป็นการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เพราะแนวคิดที่ได้เรียนรู้นั้นจะยึดติดกับประสบการณ์ที่ได้ทำการสืบเสาะหรือสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงการตั้งคำถามและใช้หลักฐานในการสร้างคำตอบให้คำถามเหล่านั้นได้ ในด้านของกระบวนการการเรียนรู้จะส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ที่จะดำเนินการสำรวจ

ตรวจสอบและรวบรวมหลักฐานจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย พัฒนาคำอธิบายที่ได้จากข้อมูล สื่อสาร และสร้างข้อสรุป ดังนั้น ครูควรนำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง

3. ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

Hestenes (2006) ได้สร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง (Modeling Structure of Cognition) ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และแบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Models) ว่าควรสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาโดยอธิบายทฤษฎีนี้ว่า “เมื่อบุคคลรับรู้ปรากฏการณ์บุคคลจะสร้างความคิดขึ้นมาภายในตนที่เรียกว่า แบบจำลองทางความคิด จากนั้นบุคคลจะแสดงแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิด ความเข้าใจและประสบการณ์ของแต่ละบุคคลจะสามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้ผู้อื่นเห็นผ่านแบบจำลองทาง มโนทัศน์ผ่านการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นตัวแทนความคิด”

2.2.3 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีผู้วิจัยที่ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลายท่าน ดังนี้

Windschitl et al. (2008) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ กิจกรรมที่เป็นระบบ มีการอภิปรายในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น พร้อมทั้งส่งเสริมลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ลักษณะ ที่สามารถทดสอบสมมติฐานได้ ปรับแก้ไขได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ ใช้เหตุผลเพื่อค้นหาแบบแผนสำหรับอธิบายปรากฏการณ์ได้ ใช้ทฤษฎีหรือข้อมูลเชิงประจักษ์มาคาดคะเนปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ และสามารถสร้างคำพยากรณ์ใหม่หรือความเข้าใจใหม่ในปรากฏการณ์ได้

Schwarz and Gwekwerere (2007) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยจะเน้นที่การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใหม่อีกครั้ง เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์สำหรับการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Campbell, Zhang, and Neilson (2011) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ กลไกช่วยในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์อย่างลึกซึ้งในเรื่องที่เข้าใจได้ยาก และในขณะเดียวกันยังสามารถสร้างความเข้าใจต่อกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้นด้วยเช่นกัน

สุชาติ เปรมกมล (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการแสดงความคิด ความเข้าใจ ที่มีต่อปรากฏการณ์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนให้สามารถนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่าย

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างการสร้างแบบจำลอง (Modeling) และการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ที่เน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างคำถามหรือสร้างแบบจำลองในการสำรวจปรากฏการณ์ ประเมินและแก้ไขแบบจำลองในมุมมองของข้อสรุปที่ได้จากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการสร้างความเข้าใจ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry : MBI) หมายถึง กระบวนการที่เน้นให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนทำการตรวจสอบแบบจำลองจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายต่อประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นๆ

2.2.4 ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

งานวิจัยของ Windschitl et al. (2008) ได้ศึกษาพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับนักเรียนด้วยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการสืบเสาะหาความรู้และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลอง โดยมีการกำหนดลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ลักษณะ (Five epistemic features of scientific knowledge) ดังนี้

1) ทดสอบได้ (Testable) หมายถึง ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของแบบจำลองทฤษฎีจะก้าวหน้าได้โดยนำเสนอสมมติฐานใหม่ที่แสดงถึงความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ กระบวนการ หรือคุณสมบัติภายในแบบจำลองหรือทฤษฎีนั้น และการใช้วิธีการที่มีความเฉพาะในรูปแบบต่าง ๆ (various domain-specific methods) สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อที่จะประเมินสมมติฐานเหล่านั้น

2) แก้ไขได้ (Revisable) หมายถึง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์สามารถ เปลี่ยนแปลงเมื่อพบหลักฐานใหม่หรือปรากฏการณ์นั้นถูกสร้างกรอบความคิดในแนวทางที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองเกี่ยวกับจลนศาสตร์ กับแบบจำลองเกี่ยวกับพลังงานในเรื่องของการถ่ายโอนความร้อน

3) อธิบายได้ (Explanatory) หมายถึง การอธิบายเชิงเหตุผลของเหตุการณ์ หรือกระบวนการเหมือนกับการสะสมการบรรยายรายละเอียดของปรากฏการณ์หรือเป็นการมองหารูปแบบของปรากฏการณ์นั้น

4) คาดคะเนได้ (Conjectural) หมายถึง การคาดคะเนเหตุการณ์หรือกระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตได้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ความรู้ ทฤษฎี หลักฐานเชิงประจักษ์ และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการคาดคะเนนั้นให้มีความน่าเชื่อถือ

5) สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ได้ (Generative) หมายถึง แบบจำลอง และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยคาดคะเนและสร้างความเข้าใจใหม่ในปรากฏการณ์ และสามารถทดสอบสมมติฐานได้

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ทดสอบได้ (Testable)	- แบบจำลองที่เกิดจากความคิดสามารถทดสอบและแก้ไขได้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
แก้ไขได้ (Revisable)	- ดำเนินการทดสอบสมมติฐานที่สมเหตุสมผลในบริบทของแบบจำลองที่อธิบายได้
อธิบายได้ (Explanatory)	- ใช้ข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ หรือหลักฐานจากแหล่งอื่นในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

	- เครื่องมือที่ใช้ในการอธิบายคือแบบจำลอง
คาดคะเนได้ (Conjectural)	- การอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้จากกระบวนการหรือโครงสร้างเชิงสาเหตุที่ซ่อนอยู่
สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ได้ (Generative)	- แบบจำลองหรือทฤษฎีถูกใช้ในการสร้างสมมติฐานหรือแนวคิดใหม่ การทำนายถึงสิ่งใหม่

จากการศึกษางานวิจัยของ Windschitl et al. (2007) จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีลักษณะสำคัญที่สอดคล้องกับลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการสร้างแบบจำลองจากแบบจำลองทางความคิด (Mental model) ต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา มีการสืบเสาะหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อค้นหาหลักฐานรวมทั้งการอภิปรายเพื่อโต้แย้งข้อมูลที่จะนำไปประเมินและแก้ไขแบบจำลองของตนเอง และนำแบบจำลองที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ ที่ต้องการศึกษา แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนที่เรียนรู้วิทยาศาสตร์มักจะไม่มีโอกาสได้ใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างวิธีการของนักวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำการสืบเสาะ ประเมิน พัฒนา ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างดีมากยิ่งขึ้น

2.2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาแนวคิดของนักวิจัยและนักการศึกษา พบว่า มีนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีการปรับเปลี่ยนขั้นตอนบางอย่างให้เหมาะสมกับงานวิจัยของแต่ละท่าน ดังนี้

Windschitl et al. (2007) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยได้แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ วิเคราะห์ ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the general parameters) และกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 บทสนทนาที่ควรเกิดขึ้นในห้องเรียน ได้แก่ 1) การสนทนาเกี่ยวกับการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้ (Organizing what we know and what we want to know) 2) การสนทนาเกี่ยวกับสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating a testable hypothesis) 3) การสนทนาเพื่อการค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence) และ 4) การสนทนาเพื่อสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Constructing a scientific argument) โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the general parameters) เป็นขั้นของการจัดเตรียมความพร้อมทางด้านต่าง ๆ โดยครูกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนได้ศึกษาซึ่งอยู่บนพื้นฐานความสนใจของนักเรียนที่มีแนวคิดที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน โดยการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นจะเป็นการศึกษาความเป็นมาของแนวคิดนั้นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรและสามารถอธิบายได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล อีกทั้งครูต้องจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Tentative model) ในขอบเขตหรือบริบทที่ต้องการศึกษาได้

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) ควรคำนึงถึง 2 หลักการ ดังนี้

หลักการที่ 1 การสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลองควรมาจากความน่าสนใจของปรากฏการณ์ ครูควรสร้างแรงจูงใจเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์และนำเสนอแหล่งข้อมูลหรือประสบการณ์ให้นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดเบื้องต้น หรือแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ตัวอย่างวิธีการสร้างแรงจูงใจ เช่น การอ่าน การชมวีดิทัศน์ การสาธิต เป็นต้น

หลักการที่ 2 แบบจำลองเบื้องต้นควรจะมีร่องรอยที่สื่อถึงกระบวนการ คุณสมบัติ หรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้อยู่ในแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ (Target phenomena)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses) เป้าหมายของการสนทนา "การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้" คือการใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายชุดของความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์สามารถทดสอบได้

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence) ในการค้นหาหลักฐาน จะเป็นการถามถึงวิธีที่สามารถเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบโมเดลและใช้ในการระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ในโลกที่สามารถสังเกตได้ ข้อมูลจะกลายเป็นหลักฐานเมื่อใช้เพื่อสนับสนุนข้อความเหตุผลหรืออธิบาย (เราจะเห็นนี้ในภายหลังในการสนทนาที่ 4) ข้อมูลสามารถมาจากการทดลองที่ควบคุมได้โดยตรง, การศึกษาที่เกี่ยวข้องกันหรือจากการสังเกตอย่างมีระเบียบอื่น ๆ นี่คือบางคำถามที่นักเรียนต้องพยายามค้นหาเพื่อเข้าใจความหมายของ "การสร้างหลักฐาน" และสามารถออกแบบการศึกษาของตนเองในที่สุดได้

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument) นักเรียนจะต้องสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุเป็นผล (Casual argument) เพื่อยืนยันความเป็นจริงของรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ และเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธการอ้างถึงคำอธิบายหรือปฏิเสธสิ่งที่สร้างมาจากสมมติฐานในแบบจำลองเบื้องต้น โดยการโต้แย้งประกอบด้วย 4 ลักษณะดังนี้

1) ข้อโต้แย้งต้องสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังสนใจได้

2) ข้อโต้แย้งต้องเกิดจากการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

3) ข้อโต้แย้งต้องสามารถรองรับคำอธิบายอื่นๆ ที่เป็นไปได้ที่เหมาะสมกับข้อมูล

4) ข้อโต้แย้งต้องสามารถอธิบายได้ว่าจากหลักฐานแล้วแบบจำลองเบื้องต้นมีการปรับให้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาอย่างไร

Khan (2007) ได้เสนอวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ GEM ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน การประเมินสมมติฐาน และการปรับปรุงสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 1 สร้างสมมติฐาน (Generating hypotheses) นักเรียนสร้างสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยครูให้ข้อมูลพื้นฐานกับนักเรียนพร้อมระบุตัวแปรหลักเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลและถามนักเรียนถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรกับตัวแปร ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินสมมติฐาน (Evaluating hypotheses) ครูให้นักเรียนได้ตรวจสอบ ข้อมูลใหม่ และนักเรียนร่วมกันประเมินสมมติฐานเริ่มต้น เพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูลและออกแบบการทดลองใหม่

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงสมมติฐาน (Modifying hypotheses) นักเรียนสรุปสมมติฐานที่ถูกประเมินแล้ว และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสามารถนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้

พัณนิดา มีลา (2560) ได้ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Windschitl et al. (2008) โดยมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การจัดเตรียมพารามิเตอร์ ในขั้นนี้ครูจะผู้เป็นกำหนดลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับขอบเขตของสิ่งที่ศึกษาด้วยการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ขอบข่ายของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และเลือกปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 2 กิจกรรม 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ ครูเป็นผู้การนำเสนอปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนศึกษาแล้วให้นักเรียนนำความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

2) การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนใช้แบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นแนวทางในตั้งสมมติฐานและนำไปสู่การปฏิบัติการทดลอง

3) การค้นหาหลักฐาน นักเรียนต้องดำเนินการปฏิบัติการทดลอง แล้วนำข้อมูลจากการทดลองไปใช้เพื่อค้นหาคำตอบตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4) การสร้างข้อโต้แย้ง เป็นการนำหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุและผลเพื่อยืนยันหรือปฏิเสธความคิดในแบบจำลองเบื้องต้น

สุชาติ เปรมกมล (2558) ได้ใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Braaten and Windschitl (2011) มีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกแนวคิดสำคัญและจัดทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลอง (Selecting big ideas, Treating them as models) โดยครูวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตของเนื้อหา

ขั้นที่ 2 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น (Attending to student’s initial and unfolding ideas) ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนเกิดความสนใจแล้วนำเสนอความคิดเริ่มต้น โดยใช้แบบจำลอง แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร” และ “เราต้องการรู้อะไร”

ขั้นที่ 3 สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Investigating science ideas in the classroom) ประกอบด้วยกิจกรรมย่อยดังนี้

1) การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating hypotheses)

2) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence)

3) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing argument)

ขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์ (Pressing for explanation) นักเรียนสร้างแบบจำลองใหม่อีกครั้งเพื่อพัฒนาคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่าย

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ (2563) ได้ใช้แนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Windschitl et al. (2008) โดยมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the general parameters) เป็นขั้นตอนกำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะสอนโดยมาจากความสนใจของนักเรียนและความสำคัญทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกิจกรรมทางปัญญา (Intellectual activity) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนอยากรู้ (Organizing what we know and what we want to know) เป็นขั้นตอนสำรวจความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกและครูต้องให้แหล่งข้อมูลหรือจัดประสบการณ์ให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนนำไปพัฒนาตัวแทนเบื้องต้น (Tentative representation) และนักเรียนสร้างแบบจำลองที่อธิบายถึงกระบวนการ สมบัติ หรือโครงสร้าง ทั้งที่สังเกตได้โดยตรงหรือไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจได้

2) สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating a testable hypothesis) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้สร้างสมมติฐานที่นำไปทดสอบได้ โดยนักเรียนใช้แบบจำลองเชื่อมความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ในการทดสอบในขั้นตอนค้นหาหลักฐาน และสิ่งที่สำคัญในการสร้างสมมติฐานคือ การทดสอบได้ แต่ต้องอยู่ในบริบทที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่สนใจได้

3) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence) ครูใช้คำถามเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบแบบจำลองและใช้ระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ในสิ่งที่สังเกตได้ ซึ่งข้อมูลอาจมาจากการทดลองการศึกษาตัวความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือการสังเกต เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นหลักฐานในการโต้แย้งหรืออธิบาย

4) สร้างข้อโต้แย้ง (Constructing a scientific argument) นักเรียนต้องสร้างข้อโต้แย้งเพื่อตรวจสอบข้อมูลที่มีอยู่ และใช้ในการสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้าง (Claim) เกี่ยวกับกระบวนการอธิบายหรือสมมติฐานของแบบจำลองเบื้องต้น

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้สรุปว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกัน คือการเริ่มต้นด้วยครูสร้างความสนใจต่อปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นแล้วตั้งคำถามพร้อมสร้างสมมติฐานเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบหาหลักฐาน จากนั้นจะมีการโต้แย้งด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ด้วยเหตุและผลเพื่อประเมิน และปรับปรุงแก้ไข

แบบจำลองอีกครั้ง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Windschitl et al. (2008) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ส่วน ได้แก่ การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ และ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การวิเคราะห์ประเด็น และกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the general parameters) เป็นขั้นตอนที่ครูกำหนดกรอบการศึกษา โดยการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่จะศึกษาขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียนและความสำคัญของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) เป็นขั้นตอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และแบบจำลองเบื้องต้นนั้นต้องมีร่องรอยที่สื่อถึงกระบวนการ คุณสมบัติ หรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้อยู่ในแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ (Target phenomena)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้แบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นเชื่อมกับความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถทดสอบได้

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบแบบจำลองและใช้ระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ที่สามารถสังเกตได้ ซึ่งข้อมูลจะกลายเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อความเหตุผลหรืออธิบาย

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุเป็นผล (Casual argument) เพื่อยืนยันความเป็นจริงของรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ และเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธการอ้างถึงคำอธิบายหรือปฏิเสธสิ่งที่สร้างมาจากสมมติฐานในแบบจำลองเบื้องต้น

2.2.6 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียน

จากการศึกษาแนวคิดของ Windschitl et al., (2008) และพิจารณาบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 4 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	**บทบาทครู**	**บทบาทนักเรียน**
การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้		
วิเคราะห์ประเด็น และกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the general parameters)	- วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ และเนื้อหาที่ต้องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ - กำหนดขอบเขตของเนื้อหา - ออกแบบกิจกรรมเรียนรู้โดยเลือกปรากฏการณ์ หรือการทดลองที่น่าสนใจ - จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้	-
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้		
1. การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)	- นำเสนอสถานการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา - ตั้งประเด็นคำถามต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อรวบรวมความรู้เดิมและสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา	- สร้างแบบจำลองเบื้องต้นจากการสังเกตปรากฏการณ์และสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์จากความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	**บทบาทครู**	**บทบาทนักเรียน**
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้		
1. การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่ง	- แสดงตัวอย่างและอธิบายการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็น	

ที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) (ต่อ)	แนวทางให้กับนักเรียน	
2. การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)	- ตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนสร้างสมมติฐาน เพื่อทดสอบในขั้นต่อไป - ยกตัวอย่างและอธิบายรูปแบบการตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้	- ใช้แบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นเป็นแนวทางการสร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้
3. การค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)	- ตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนออกแบบการทดสอบสำหรับตรวจสอบสมมติฐาน - อำนวยความสะดวกระหว่างการปฏิบัติให้กับนักเรียน - ตั้งประเด็นคำถามหลังจากการทดลองเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการอภิปรายผล	- ค้นหาข้อมูลและหลักฐานจากการลงมือปฏิบัติที่ออกแบบขึ้นเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน - วิเคราะห์ข้อมูลและหลักฐานจากการสืบเสาะได้
4. การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)	- ตั้งประเด็นคำถามแก่นักเรียนเพื่อเป็นประเด็นในการอภิปรายโต้แย้ง	- ประเมินความสอดคล้องของสมมติฐานกับแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	**บทบาทครู**	**บทบาทนักเรียน**
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้		
4. การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)	- ร่วมสะท้อนผลการสร้างแบบจำลองของนักเรียน - นำเสนอสถานการณ์หรือ	- นำเสนอแบบจำลองของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและสะท้อนผลการสร้าง

(ต่อ)	ปรากฏการณ์ที่ศึกษาเข้ามาอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความเข้าใจจากการเรียนรู้ไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ	แบบจำลองร่วมกับเพื่อนในห้อง - ร่วมอภิปรายโต้แย้งในประเด็นต่าง ๆ เพื่อปรับปรุง/พัฒนาแบบจำลองให้สอดคล้องกับผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

2.3 แบบจำลอง

2.3.1 ความหมายของแบบจำลอง

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองจากนักการศึกษา พบว่า มีนักการศึกษาที่ให้ความหมายของแบบจำลองหลายท่าน ดังนี้

Johnson-Laird (1980) กล่าวว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นในความคิดของตนเองเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องจากกระบวนการเชื่อมโยงความคิดภายใน

Gilbert and Boulter (2000) กล่าวว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายที่ต้องการจะสื่อ เพื่ออธิบายแนวคิด กระบวนการที่เกิดระบบหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าหรือวัดประเมินได้โดยตรง ซึ่งแบบจำลองนั้นไม่ใช่ของจริงและมีข้อจำกัด และแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) กล่าวว่า แบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ รวมถึงอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลอง สรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออธิบายแนวคิด หลักการ หรือปรากฏการณ์ที่มีความเป็นนามธรรมที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง

2.3.2 ลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้กล่าวว่า นักวิทยาศาสตร์มักใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมายเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจและนำมาถ่ายทอดแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งลักษณะทั่วไปของแบบจำลองที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (target) ซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎีหรือกฎ

2. แบบจำลองสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

3. แบบจำลองสามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

4. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง แบบจำลองอะตอม

5. แบบจำลองอาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

6. แบบจำลองอาจเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองวาฬ แบบจำลองไวรัส

7. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่นการแสดงเส้นการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง

8. แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียว เช่น การแสดงแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

9. แบบจำลองสามารถแสดงระบบหรือลำดับของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร

10. แบบจำลองสามารถแสดงเหตุการณ์การเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน

11. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองของเครื่องเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2.3.3 ประเภทของแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีนักการศึกษาจำแนกประเภทของแบบจำลองลักษณะต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ ดังนี้

Gilbert and Boulter (2000) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือแบบจำลองหรือภาพในสมองที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือแบบจำลองทางความคิดที่มีการนำเสนอหรือแสดงออกผู้อื่นรับรู้ ซึ่งอาจจะแสดงออกในรูปแบบของคำพูด ภาพวาด หรือลักษณะท่าทาง เป็นต้น

3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากภายในกลุ่มผู้ซึ่งศึกษาเรื่องนั้นๆอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลการทดลองหรือประสบการณ์ของแต่ละกลุ่ม

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือแบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการมีการยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์และมีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ

5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical model) คือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในอดีตที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

6. แบบจำลองหลักสูตร (Curricular model) คือแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองโครงสร้างแบบจุดของลิวอิส

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) คือแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองของหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้อุปมาอุปไมยและการจินตนาการ

8. แบบจำลองลูกผสม (Hybrid model) คือแบบจำลองที่เกิดจากการใช้แบบจำลองหลายๆประเภทร่วมกันในการอธิบายปรากฏการณ์เดียวกัน

Suckling et al. (1978 cited in Coll, 2006) แบ่งแบบจำลองอย่างกว้างๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical models) ประกอบไปด้วย

1) แบบจำลองมาตราส่วน (Scale/iconic models) ซึ่งใช้แทนรูปแบบหรือลักษณะภายนอกของเป้าหมาย

2) แผนที่/แผนภาพ (Maps/diagrams) เช่น แผนผังแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือกระบวนการเผาผลาญ

3) สูตร (Formulae) เช่น สูตรเคมีต่าง ๆ ที่เป็นสัญลักษณ์แทนสารเคมีหรือกระบวนการทางเคมี

4) แบบจำลองการเปรียบเทียบ (Analogue models) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่แสดงถึงลักษณะของเป้าหมายหนึ่งอย่างหรือมากกว่านั้น เช่น แบบจำลอง ball-and-stick หรือ แบบจำลอง space-filling molecular ในวิชาเคมี หรือแบบจำลองหัวใจในวิชาชีววิทยา เป็นต้น

2. แบบจำลองแนวคิดหรือสัญลักษณ์ (Conceptual-symbolic models) เป็นแบบจำลองที่ แสดงถึงสิ่งที่เกิดขึ้นภายในจิตใจหรือเป็นโครงสร้างทางความคิดซึ่งจะประกอบไปด้วย

1) แบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical models) เป็นแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตได้ เช่น แบบจำลองร่างกายของมนุษย์

2) แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical models) เป็นแบบจำลองที่ใช้แทนปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรม เช่น แรงหรือพันธะทางเคมี

3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models) ประกอบไปด้วยสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น หรือกระบวนการทางกายภาพ และสมการทางคณิตศาสตร์

4) แบบจำลองมาตรฐาน (Standard models) เป็นการลอกเลียนแบบในกระบวนการบางอย่าง เช่น แบบจำลองของกระบวนการหายใจ

5) แบบจำลองแม่แบบ (Archetype models) เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์บางอย่าง

จากการศึกษาประเภทของแบบจำลอง พบว่า แบบจำลองมีหลากหลายประเภท ซึ่งลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน ผู้วิจัยได้เลือกประเภทของแบบจำลองเพื่อใช้ในการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับเนื้อหาเรื่องกรด-เบส ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แบบจำลองที่แสดงออก และแผนภาพ

2.4 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.4.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีผู้วิจัยที่ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลายท่าน ดังนี้

Gilbert and Boulter (2000 อ้างถึงใน พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563) กล่าวว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการบรรยายธรรมชาติของโลกซึ่งทำให้ เกิดกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ โดยให้ความหมายของการอธิบายในวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ความหมาย ดังนี้

การอธิบาย คือ การทำให้ความหมายของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มีความชัดเจนขึ้น

การอธิบาย คือ ประโยคที่แสดงถึงเหตุผลของความเชื่อหรือการกระทำทางวิทยาศาสตร์

การอธิบาย คือ การบรรยายถึงสภาวะ เหตุการณ์ หรือกระบวนการบางอย่างของวิทยาศาสตร์ที่สนใจ

การอธิบาย คือ การแสดงให้เห็นถึงหน้าที่ของวัตถุต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การอธิบาย คือ การกล่าวอ้างถึงทฤษฎีต่าง ๆ จากการอนุมานกฎ

McNeill and Krajcik (2007 อ้างถึงใน คัทลียา สิงห์วี, 2561) กล่าวว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการบรรยายบางสิ่งบางอย่างว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรและเหตุใดถึงเกิดขึ้น แต่ไม่ได้ระบุง่าย ๆ ว่า ปรากฏการณ์ได้เกิดขึ้น แต่นักวิทยาศาสตร์ต้องพยายามอธิบายโดยค้นหาความจริงว่าปรากฏการณ์นั้นเกิดได้อย่างไรและทำไมจึงเกิดขึ้นจากเงื่อนไขและผลที่ได้จากการสังเกต

Beyer and Davis (2008 อ้างถึงใน พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์, 2565) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรายงานลักษณะความสัมพันธ์ของเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการให้เหตุผลเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์

จากการศึกษาความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การบรรยายลักษณะของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลจากกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์

2.4.2 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีผู้วิจัยที่ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลายท่าน ดังนี้

McNeill and Krajcik (2007 อ้างถึงใน คัทลียา สิงห์วี, 2561) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่อธิบาย บรรยายเพื่อตอบคำถามของปัญหาที่แสดงความ

เชื่อมโยง ประกอบด้วย 1) การกล่าวอ้างอิงซึ่งเป็นข้อสรุปที่ตอบ คำถามของปัญหา 2) หลักฐานที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) การให้เหตุผล เกี่ยวกับความเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานเชิงประจักษ์นั้น

Zangori and Forbes (2014 อ้างถึงใน พิษณุ ศุภาศาสตร์วงศ์, 2563) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการระบุทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงกับสิ่งที่สังเกตเห็นหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรและกลไกต่าง ๆ ที่ใช้สนับสนุนสาเหตุและผลที่จะเกิดขึ้นของปรากฏการณ์เหล่านั้น

พิริยะ วรรณไทย (2564) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนหรือพูดคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา โดยคำอธิบายที่สร้างขึ้น ต้องสนับสนุนด้วยหลักฐานที่ผ่านการสำรวจตรวจสอบ การค้นคว้าข้อมูล การคิดวิเคราะห์จนได้หลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ พร้อมทั้งมีการให้เหตุผลในลักษณะของหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบคำอธิบายเหล่านั้น

จากการศึกษาความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างข้อความต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบเสาะ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2.4.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีผู้วิจัยที่จำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลายท่าน ดังนี้

Kuhn and Reiser (2004 อ้างถึงใน คัทลียา สิงห์วี, 2561) กล่าวถึงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถามที่อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่นักเรียนได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างซึ่งแสดงถึง การสนับสนุนคำอธิบาย

McNeill and Krajcik (2007 อ้างถึงใน พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563) กำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบ คือ

1. การกล่าวอ้างอิง (Claim) เป็นการยืนยันหรือเป็นข้อสรุปที่ตอบคำถามดั้งเดิม

2. การใช้หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการกล่าวอ้างข้อมูล ซึ่งต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนการกล่าวอ้างข้อมูล อาจมาจากการสืบเสาะหรือจากแหล่งข้อมูลอื่น เช่น การสังเกต ข้อเท็จจริงจากการอ่าน หรือเอกสารสำคัญ

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงของการกล่าวอ้างกับหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้อย่างไร

Sampson and Clark (2009 อ้างถึงใน คัทลียา สิงห์วี, 2561) ได้พัฒนากรอบแนวคิดในการกำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นการอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. คำอธิบาย (Explanation) คือ ส่วนที่นักเรียนตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบ อธิบายถึงความสัมพันธ์หรือกล่าวถึงสาเหตุของกระบวนการสำรวจตรวจสอบ

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ส่วนที่นักเรียนรวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบอาจจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

3. การใช้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลที่ใช้ประกอบหรือสนับสนุนคำอธิบาย

จากการศึกษาองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้กรอบของ McNeill and Krajcik (2007) เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย โดยองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ โดยปรับปรุงจากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2007) ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือความเข้าใจของนักเรียนต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีครูตั้งประเด็นปัญหาหรือคำถามหรือให้ข้อสรุปในประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลหรือข้อสนับสนุนต่าง ๆ ผ่านการค้นคว้า การอ่านและการทำความเข้าใจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ จนได้ข้อมูลหรือหลักฐานที่เพียงพอมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น ซึ่งข้อมูลอาจได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลองด้วยตนเอง หรือแหล่งข้อมูลอื่นที่น่าเชื่อถือ

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการอธิบายความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีอยู่ โดยจะต้องอธิบายให้เห็นถึงเหตุผลที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

2.4.4 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีนักการศึกษา สถาบันหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา รวมถึงผู้วิจัยที่ตระหนักถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลายประเด็น ดังนี้

National Research Council (1996 อ้างถึงใน ฉลองวุฒิ จันทร์หอม, 2563) ได้ระบุว่า บุคคลที่มีการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะมีฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เต็มไปด้วยหลักฐานเชิงตรรกะ มีระดับของการวิเคราะห์อยู่ในระดับสูง สามารถยอมรับคำวิจารณ์ และมีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตรรกะ หลักฐาน และความรู้ในปัจจุบันได้

McNeill and Krajcik (2007 อ้างถึงใน พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563) ได้กล่าวว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายของการสืบเสาะหาความรู้เพื่อที่จะเข้าใจปรากฏการณ์ในธรรมชาติและแสดงให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าวได้

OECD (2024) กล่าวว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์นั้น จะสามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มาใช้สร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ สามารถทำนายผล และสามารถวางแผนแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ รวมทั้งสามารถใช้แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และสามารถรับรู้หรือสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเบื้องต้นในบริบทที่ยังไม่มีข้อมูลหรือความรู้ในเรื่องนั้นๆ นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องสามารถอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคมได้ เช่น การใช้ความรู้เกี่ยวกับเชื้อไวรัสและแบคทีเรียในการกำหนดนโยบายทางสังคมเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อ หรือการใช้ความรู้กระบวนการทางเคมีเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาที่ยั่งยืน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2565) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสำคัญที่ครูควรเน้นย้ำให้เกิดในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทุกระดับ เพราะจะช่วยให้นักเรียนสามารถสื่อสารความเข้าใจของตนเองในเรื่องที่กำลังศึกษาได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยแสดงความเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่ค้นพบประกอบกับเหตุผลทาง

วิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือเพื่อตอบคำถามหรือปัญหาที่กำลังศึกษามากกว่าที่จะเป็นการนำเสนอเฉพาะคำตอบสั้น ๆ

พิริยะ วรรณไทย (2564) กล่าวว่า การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่ให้ความสำคัญกับหลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมากยิ่งขึ้นและลึกซึ้งขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการสื่อสาร สามารถสื่อสารองค์ความรู้ผ่านการสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้ผู้อื่นเข้าใจได้

จากการศึกษาความสำคัญของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแง่มุมต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐานที่มีอยู่ด้วยความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ตลอดจนการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีเหตุผล อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างทักษะการสื่อสาร

2.4.5 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2007 อ้างถึงใน คัทลียา สิงห์วี, 2561) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบาย โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. ยืนยันข้อมูลถูกต้อง โดยระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถาม มีทฤษฎีหรือแนวคิดสนับสนุน
2. ระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วนต่อการสนับสนุนการอ้างอิง มีการวางแผนค้นคว้าและสามารถจัดกระทำข้อมูล
3. ให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่การกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

Eugenia (2004 อ้างถึงใน คัทลียา สิงห์วี, 2561) กล่าวถึง การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ ดังนี้

1. สร้างความกระจ่างให้กับสถานการณ์และเสนอคำอธิบายจากการปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ โดยใช้เหตุผลที่หลากหลาย ในเชิงอุปมาอุปไมย เปรียบเทียบนิรนัยและอุปนัย
2. ลงความเห็นในการนำคำอธิบายไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
3. ทำนายอย่างมีเหตุผลโดยใช้พื้นฐานจากคำอธิบาย
4. ประเมินคำอธิบายและปรับเปลี่ยนคำอธิบายเมื่อจำเป็น

5. จำแนกประเภท ประเมินและระบุข้อจำกัดของคำอธิบายโดยตรวจสอบความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับรูปแบบอื่น ๆ และพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐาน

OECD (2024) กล่าวถึง การสร้างคำอธิบายในวิทยาศาสตร์ โดยระบุพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

2. การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้

3. การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

4. การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้

5. การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

6. การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม

จากการศึกษาพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้เลือกกรอบพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ McNeill and Krajcik (2007) เนื่องจากมีความนิยมใช้ในงานวิจัยที่ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลาย

2.4.6 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2008 อ้างถึงใน พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563) ได้เสนอแนวทางในการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมี 6 ขั้นตอน คือ 1) ระบุเนื้อหาจากมาตรฐานการเรียนรู้ 2) ระบุการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 3) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 4) สร้างแบบประเมิน 5) ทบทวนแบบประเมิน และ 6) การพัฒนาเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) จำเพาะต่อรายวิชา โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ระบุเนื้อหาจากมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนในการแยกรายละเอียด มาตรฐานการเรียนรู้แล้วนำมาเชื่อมโยงกับแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้แนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน รวมถึงการพิจารณามโนทัศน์อื่น ๆ ที่จำเป็นได้ รวมถึงการพิจารณามาตรฐานการเรียนรู้อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ขอบเขตของเนื้อหาและขอบเขตของการประเมินที่ชัดเจน

2) ระบุการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง การออกแบบการทดลอง เป็นต้น

3) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เป็นขั้นตอนในการสร้างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่เป็นเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์เนื้อหากับปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ แล้วสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ต่อได้

4) สร้างแบบประเมิน เป็นขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินที่ต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ โดยนักเรียนนำความรู้ที่เป็นเนื้อหาและความเข้าใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เชื่อมโยงกับการให้เหตผลที่ใช้หลักฐานที่ได้จากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

5) ทบทวนแบบประเมิน เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ครูได้ทบทวนถึงแบบประเมินว่า สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ และแบบประเมินนั้นสามารถประเมินนักเรียนได้จริงหรือไม่

6) การพัฒนาเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) จำเพาะต่อรายวิชา เป็นขั้นตอนที่ครูต้องอธิบายอย่างชัดเจนว่าความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่สะท้อนผ่านผลงานนักเรียน นั้นมีลักษณะจำเพาะตรงตามเกณฑ์การประเมินอย่างไร

โดยสร้างกรอบเกณฑ์ประเมินระดับของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพิจารณาทั้ง 3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยแบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย ระดับ 0, ระดับ 1, และระดับ 2 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ดัดแปลงจาก McNeill และ Krajcik, 2012)

องค์ประกอบ	ระดับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	ไม่สามารถให้ข้อกล่าวอ้าง หรือสร้างข้อกล่าว อ้างไม่ถูกต้อง	สามารถให้ข้อกล่าวอ้าง ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	สามารถให้ข้อกล่าวอ้าง ถูกต้องสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence)	ไม่สามารถให้หลักฐานหรือให้หลักฐานที่ไม่เหมาะสม (ไม่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	สามารถให้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ ที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อาจมีหลักฐานที่ไม่เหมาะสมบางส่วน	สามารถให้หลักฐานอย่าง เหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ตารางที่ 5 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2
การให้เหตุผล (Reasoning)	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลแต่ไม่สามารถเชื่อมโยง	สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง มีการกล่าวถึงหลักฐานและ/หรือมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ซ้ำแต่ไม่เพียงพอ	สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างซึ่งมีหลักการ

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ นำแนวคิดของ McNeill และ Krajcik (2012) เป็นโครงสร้างในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์โดยมุ่งเน้น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล แต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดระดับความสามารถที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (0, 1, 2) ซึ่งช่วยให้ผู้ประเมินสามารถให้คะแนนได้อย่างเป็นระบบและสอดคล้องกันตามระดับความเข้าใจและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้เกณฑ์การให้คะแนนมีคำอธิบายตัวอย่างคำตอบสำหรับแต่ละระดับคะแนน ซึ่งช่วยให้การประเมินมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากขึ้น

2.5 อนุทินเพื่อการสะท้อนคิดและการเรียนรู้

2.5.1 ความหมายของอนุทิน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีผู้วิจัยที่ให้ความหมายของอนุทินหลายท่าน ดังนี้

Moon (2004) อธิบายว่า อนุทินเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกความคิด (thoughts) และความรู้สึก (feelings) เกี่ยวกับประสบการณ์เพื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการสะท้อนคิดที่นำไปสู่การเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง และการพัฒนาความเข้าใจส่วนบุคคล

Ryan and Ryan (2019) กล่าวถึงการใช้ journaling (การเขียนอนุทิน) ว่าเป็นกลไกในการจัดการกับความเครียดและอารมณ์ โดยบ่งชี้ว่าอนุทินเป็นช่องทางในการแสดงออกทางความคิดและ

ความรู้สึกภายใน ซึ่งนำไปสู่การทำความเข้าใจตนเองและเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการบำบัดหรือการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

Zubizarreta (2009) กล่าวว่า อนุทินเป็นเครื่องมือส่วนบุคคลที่นักเรียนใช้บันทึกและสะท้อนประสบการณ์การเรียนรู้ประจำวัน เป็นพื้นที่สำหรับการคิดอิสระ สำรวจความคิด ความรู้สึก และปฏิกิริยาต่อเนื้อหาที่เรียน หรือประสบการณ์ที่พบเจอในกระบวนการเรียนรู้

Gibbs (1988) ให้นิยามโดยนัยว่า อนุทินเป็นพื้นที่สำหรับการบันทึกประสบการณ์และกิจกรรมต่างๆ อย่างเป็นลำดับ เพื่อให้ผู้เขียนสามารถทบทวนสิ่งเหล่านั้นได้อย่างเป็นระบบในภายหลัง ซึ่งเป็นรากฐานของการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

นพมณี ตรัยรัตนวิทย์ (2564) อธิบายว่า อนุทินเป็นเครื่องมือที่จัดทำขึ้นเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการสะท้อนคิด เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดเฉพาะด้านและพัฒนาทักษะการสะท้อนคิด

จากการศึกษาความหมายของอนุทิน สรุปได้ว่า อนุทิน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกความคิด ความรู้สึก ประสบการณ์ และการไตร่ตรองอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ การทำความเข้าใจตนเอง และการพัฒนาทักษะต่าง ๆ

2.5.2 ลักษณะของอนุทิน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ลักษณะของอนุทินที่ส่งเสริมกระบวนการสะท้อนคิดและการเรียนรู้ของนักวิชาการแต่ละท่านมีแง่มุมที่แตกต่างกัน ดังนี้

Moon (2004) กล่าวว่า อนุทินควรเป็นพื้นที่ส่วนตัวที่ปลอดภัยสำหรับผู้เขียน การที่ผู้เขียนรู้สึกว่าอนุทินเป็นพื้นที่ของตนเองอย่างแท้จริง ช่วยให้พวกเขาสามารถแสดงความคิดเห็น ความรู้สึก ความกังวล หรือแม้แต่ความผิดพลาดได้อย่างอิสระและซื่อสัตย์ที่สุด โดยไม่ต้องกังวลถึงการถูกตัดสิน หรือการแก้ไข ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการสำรวจตนเองและกระบวนการสะท้อนคิดที่ลึกซึ้ง

Boud, Keogh และ Walker (1985) กล่าวว่า อนุทินควรเป็น กิจกรรมที่ทำอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ไม่ใช่แค่ครั้งคราว การบันทึกอย่างเป็นประจำช่วยให้ผู้เขียนสามารถติดตามพัฒนาการของความคิด ความเข้าใจ และการเปลี่ยนแปลงมุมมองเมื่อเวลาผ่านไป นอกจากนี้ การเขียนอย่างต่อเนื่องยังช่วยให้การสะท้อนคิดกลายเป็นนิสัย และเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ที่ดำเนินไปอย่างไม่หยุดนิ่ง

Gibbs (1988) แสดงให้เห็นว่า อนุทินควรเป็น พื้นที่สำหรับการสะท้อนและวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง ไม่ใช่แค่การบรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้เขียนต้องมีการตั้งคำถาม ตรวจสอบข้อมูล สำรวจทางเลือก และเชื่อมโยงประสบการณ์กับทฤษฎีหรือความรู้เดิม เพื่อทำความเข้าใจถึงสาเหตุ ผลลัพธ์ และความหมายของสิ่งที่เกิดขึ้นในหลายมิติ

Ryan และ Ryan (2019) ชี้ให้เห็นถึงลักษณะสำคัญของอนุทินในฐานะเครื่องมือที่มีพลวัตที่ช่วยในการเรียนรู้และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการกับอารมณ์และความเครียด ผู้เขียนสามารถใช้อนุทินเป็นช่องทางในการระบายความรู้สึก วิเคราะห์ต้นตอของอารมณ์ และหาวิธีจัดการกับสถานการณ์ที่ท้าทาย ซึ่งส่งเสริมการจัดการตนเองและสุขภาพจิตที่ดีขึ้น

ถึงแม้ว่าลักษณะของอนุทินที่นักวิชาการแต่ละท่านได้เน้นย้ำในแง่มุมที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะสำคัญที่คล้ายกัน สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. อนุทินเป็นพื้นที่ส่วนตัวที่ปลอดภัย ผู้เขียนสามารถแสดงความคิด ความรู้สึก และมุมมองที่แท้จริงได้อย่างอิสระ การบันทึกในลักษณะนี้ส่งเสริมให้เกิดการตระหนักรู้ในตัวเองและการสำรวจตัวเองเพื่อทำความเข้าใจอารมณ์ ความเชื่อ และแรงจูงใจของตัวเอง (Moon, 2004; Ryan & Ryan, 2019)

2. การเขียนอนุทินเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่นำไปสู่การเรียนรู้และการพัฒนา อนุทินควรเป็นกิจกรรมที่ทำอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง การบันทึกเป็นประจำช่วยให้ผู้เขียนสามารถติดตามพัฒนาการของความคิด ความเข้าใจ และการเปลี่ยนแปลงมุมมองเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งจะส่งเสริมการจัดการตนเอง แสดงถึงบทบาทของอนุทินในฐานะกลไกที่ช่วยให้บุคคลสามารถเรียนรู้ ปรับตัว และพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง และตอบสนองต่อสถานการณ์และความท้าทายต่าง ๆ ในชีวิต (Boud et al., 1985; Ryan & Ryan, 2019)

3. อนุทินเป็นการสะท้อนและการวิเคราะห์เชิงลึก โดยผู้เขียนต้องมีการตั้งคำถาม ตรวจสอบข้อมูล สำรวจทางเลือก และเชื่อมโยงประสบการณ์กับทฤษฎีหรือความรู้เดิม เพื่อทำความเข้าใจถึงสาเหตุ ผลลัพธ์ และความหมายของสิ่งที่เกิดขึ้นในหลายมิติ (Gibbs, 1988; Moon, 2004)

จะเห็นได้ว่า นักวิชาการแต่ละท่าน มองว่าอนุทินไม่ใช่แค่บันทึกทั่วไป แต่เป็นเครื่องมือส่วนบุคคลที่มีพลวัตที่ต้องใช้อย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการสะท้อนและวิเคราะห์ประสบการณ์อย่างลึกซึ้ง ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้ การจัดการตนเอง และการพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นอนุทินควรเป็นพื้นที่ส่วนตัวที่ส่งเสริมการสำรวจตนเองอย่างอิสระ สามารถแสดงความคิด ความรู้สึก และมุมมองส่วนตัวได้อย่างซื่อสัตย์โดยปราศจากความกังวล เป็นกิจกรรมที่ทำอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้เขียนสามารถ

ติดตามพัฒนาการทางความคิด ความเข้าใจ และการเปลี่ยนแปลงทัศนคติเมื่อเวลาผ่านไป เนื้อหาในอนุทินควรเน้นการสะท้อนและวิเคราะห์ โดยแสดงถึงกระบวนการคิดวิเคราะห์ การตั้งคำถาม การสำรวจทางเลือก และการเชื่อมโยงประสบการณ์เข้ากับความรู้เดิม เพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์จากหลากหลายมิติอย่างลึกซึ้ง ไม่ใช่เพียงการบันทึกเหตุการณ์ผิวเผิน

2.5.3 ประเภทของอนุทิน

Moon (2004) จัดประเภทอนุทินตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานและบริบทของการเรียนรู้หรือการพัฒนา โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. Learning journal เน้นการบันทึกการเรียนรู้ คำถาม และความเข้าใจของผู้เขียนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเรียนการสอน

2. Professional Development Journal เน้นการสะท้อนประสบการณ์การทำงานและฝึกฝนในบริบทวิชาชีพ เพื่อการพัฒนาทักษะและบทบาท

3. Personal Journal เน้นการสำรวจตนเอง ความคิด อารมณ์ และการเติบโตส่วนบุคคลในชีวิตประจำวัน

Bolton (2010) แบ่งประเภทของอนุทินตาม วัตถุประสงค์ของการเขียนและบริบทการใช้งาน รวมถึงระดับของการสะท้อนคิด โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. Personal Journal/Diary เป็นบันทึกเรื่องราวส่วนตัว ความคิด ความรู้สึก

2. Reflective Journal เป็นอนุทินที่เน้นการทบทวนและวิเคราะห์ประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้

3. Professional Journal เป็นอนุทินที่ใช้ในการสะท้อนการปฏิบัติงานในวิชาชีพ เพื่อการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ

4. Dialogue Journal เป็นอนุทินที่มีการโต้ตอบระหว่างผู้เขียนและผู้อื่น (เช่น ครู-นักเรียน) เพื่อกระตุ้นการคิด

Richards (2017) มุ่งเน้นไปที่วัตถุประสงค์ทางการเรียนรู้ในบริบทของการสอนภาษา แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. Learning Journal เป็นการบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้จากบทเรียน คำถามที่เกิดขึ้น และการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของการเรียนรู้ภาษา

2. Dialogue Journal เป็นอนุทินเชิงโต้ตอบที่นักเรียนเขียนและครูตอบกลับ เพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์และส่งเสริมการเรียนรู้

3. Personal Reflection Journal เป็นบันทึกความคิดและความรู้สึกส่วนตัวที่อาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ภาษา

จากการศึกษาประเภทของอนุทิน พบว่า อนุทินมีหลากหลายประเภท ซึ่งลักษณะของอนุทินที่ใช้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การของการเขียน ผู้วิจัยได้เลือกประเภทของอนุทินเพื่อใช้ในการสะท้อนผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่ Reflective Journal ซึ่งเป็นอนุทินที่เน้นการทบทวนและวิเคราะห์ประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้ ร่วมกับ Personal Journal ที่บันทึกเกี่ยวกับความคิด ความรู้สึกของผู้เรียน

2.5.4 แนวทางการสร้างคำถามในการเขียนอนุทิน

การสร้างคำถามชี้นำ (Prompts) เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการกระตุ้นให้ผู้เขียนอนุทินเกิดกระบวนการสะท้อนคิดอย่างลึกซึ้งและเป็นระบบ นักวิชาการหลายท่านได้นำเสนอแนวทางหรือรูปแบบการตั้งคำถามที่แตกต่างกันไป ดังนี้

Gibbs (1988) นำเสนอ “วงจรการสะท้อนคิดของ Gibbs (Gibbs' Reflective Cycle)" ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับความนิยมและนำมาปรับใช้ในการสร้างคำถามชี้นำในแต่ละขั้นของวงจร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำผู้เขียนผ่านกระบวนการสะท้อนคิดอย่างเป็นลำดับ แสดงประเภทและตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้

1. อธิบาย (Description) เป็นการถามถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น วันนี้เกิดอะไรขึ้นบ้าง นักเรียนทำอะไรไปบ้าง

2. ความรู้สึก (Feelings) เป็นถามถึงอารมณ์และความรู้สึก เช่น นักเรียนรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับเรื่องนี้ ความรู้สึกของนักเรียนเปลี่ยนไปอย่างไร

3. ประเมิน (Evaluation) เป็นการถามถึงข้อดีข้อเสีย เช่น อะไรคือสิ่งที่ดีที่สุดและยากลำบากที่สุดในสถานการณ์นี้ นักเรียนทำอะไรได้ดีและอะไรที่ยังทำได้ไม่ดี

4. วิเคราะห์ (Analysis) เป็นการถามถึงความเข้าใจสาเหตุและผลลัพธ์ เช่น ทำไมเหตุการณ์นี้เกิดขึ้น นักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากสถานการณ์นี้

5. สรุป (Conclusion) เป็นการถามถึงบทเรียนที่ได้ เช่น นักเรียนได้ข้อสรุปอะไรจากเหตุการณ์นี้ อะไรคือสิ่งที่สำคัญที่สุดที่นักเรียนได้เรียนรู้

6. แผนปฏิบัติการ (Action Plan) เป็นการถามถึงการนำไปใช้ในอนาคต เช่น ครั้งต่อไปนักเรียนจะทำอะไรที่แตกต่างไปจากเดิม นักเรียนจะนำความรู้นี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นได้อย่างไร

Johns (1995) พัฒนาโครงสร้างการสะท้อนคิด (Framework for Reflection) ซึ่งเน้นการตั้งคำถามเพื่อสำรวจประสบการณ์ในบริบทวิชาชีพ โดยคำถามจะนำไปสู่การทำความเข้าใจผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น รวมถึงการตัดสินใจในการปฏิบัติ แสดงประเภทและตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้

1. อธิบายประสบการณ์ (Description of the Experience) เช่น วันนี้เกิดอะไรขึ้น

2. อธิบายจุดประสงค์ (What was I trying to achieve?) เช่น เป้าหมายของนักเรียนในการทำกิจกรรมนี้คืออะไร

3. อธิบายผลลัพธ์ของการกระทำ (What were the consequences of my actions?) เช่น ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ใครรับผลกระทบการเหตุการณ์นั้น

4. อธิบายทางเลือกอื่น (What other choices could I have made?) เช่น มีวิธีอื่นที่นักเรียนจะทำได้ดีกว่านี้ไหม นักเรียนจะทำอย่างไรถ้าได้มีโอกาสอีกครั้ง

5. อธิบายความรู้ที่ต้องใช้หรือต้องการ (What knowledge did I use/need?) เช่น นักเรียนใช้ความรู้หรือทักษะใดในการจัดการสถานการณ์นี้ นักเรียนต้องการความรู้เพิ่มเติมเรื่องใดบ้าง

จากการศึกษาแนวทางการสร้างคำถามในการเขียนอนุทิน พบว่า มีลักษณะการสร้างคำถามชี้นำที่หลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการเขียน ดังนั้น ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างคำถามชี้นำที่ให้นักเรียนได้อธิบายการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงแสดงความรู้สึก ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพเคลื่อนไหว โดยในงานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลแบบผสมผสาน กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน โดยมีเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนจำนวน 3 ข้อ เพื่อให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล และใบกิจกรรมจำนวน 3 ใบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไข ซึ่งสถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ค่าร้อยละ สถิติทดสอบวิลคอกซัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าพี โดยผลการวิจัยพบว่า ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล โดยทุกองค์ประกอบมีจำนวนนักเรียนมากที่สุดในระดับ 0 ของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ยกเว้นข้อกล่าวอ้างก่อนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ที่มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 จึงจัดว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนในเกณฑ์ควร

ปรับปรุงในทุกเรื่อง แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลได้ดีขึ้น โดยทุกองค์ประกอบมีระดับที่มีจำนวนนักเรียนมากที่สุด คือ ระดับ 2 ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนในเกณฑ์ดีมากในทุกเรื่อง

พัณนิดา มีลา (2560) ได้ศึกษาการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 34 คน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Paired samples t-test เพื่อวิเคราะห์ความสามารถการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า 1) ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ในระดับ 1 แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนา ระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 2) ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊ส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สได้

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) นำเสนอผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 72 คน คือ กลุ่มทดลองเรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 36 คน และกลุ่มเปรียบเทียบเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนทั่วไป จำนวน 36 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล และหลังเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ ANCOVA ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 18.55 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วย

การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พัณนิดา มีลา (2559) ได้ศึกษาการสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และวิธีการวิจัยเชิงปริมาณซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยอันดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน และข้อมูลจากแบบบันทึกแบบจำลองวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 กิจกรรม รวมทั้งการสัมภาษณ์นักเรียนหลังเรียนและนำข้อมูลมาทดสอบโดยใช้สถิติ Wilcoxon signed-rank test ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำและหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง และผลการวิเคราะห์จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยอันดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนยังพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอันดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์ผ่านรูปแบบกิจกรรมที่เน้นปฏิบัติการทดลองเพื่อสื่อสารความเข้าใจจากการเรียนรู้ในลักษณะของแบบจำลองวิทยาศาสตร์

จิรภัทร ศรีอุดม (2565) ได้นำเสนอการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 2) เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA เรื่อง กรด-เบส 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดการคิดวิเคราะห์และ 4) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ One sample t-test โดยผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีการคิดวิเคราะห์จำแนกรายด้านและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Windschitl et al. (2008) ได้นำเสนอแนวคิดที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับ Model Based Inquiry (MBI) ในฐานะกระบวนทัศน์ใหม่สำหรับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยให้เหตุผลว่า MBI ควรเข้ามาแทนที่แนวคิดแบบดั้งเดิมของ "ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์" (The Scientific Method) ที่มักถูกนำเสนออย่างเป็นสูตรสำเร็จตายตัว โดยบทความนี้เน้นย้ำว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงนั้นมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการสร้าง การทดสอบ การปรับปรุง และการใช้แบบจำลองอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโลกของวิทยาศาสตร์ นักวิจัยเสนอว่า MBI ไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การให้เหตุผล การสังเคราะห์ข้อมูล และการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นผู้เรียนรู้และผู้คิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง การนำเสนอ MBI ในฐานะกระบวนทัศน์ที่เหนือกว่าระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิมนี้ มีความสำคัญในการบูรณาการการสร้างแบบจำลองเข้ากับการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้สัมผัสกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงและพัฒนาความสามารถในการสืบเสาะอย่างมีประสิทธิภาพ

Campbell et al. (2011) ได้ทำการศึกษาเชิงสำรวจเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลอง (Model Based Inquiry - MBI) ในการส่งเสริมความเข้าใจเชิงลึกในแนวคิดฟิสิกส์ที่ซับซ้อน รวมถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมปลาย โดยเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมที่เน้นการสาธิตและการบรรยาย (Traditional Demonstration and Lecture - TDL) การศึกษาได้ใช้แบบสำรวจ Physics,

Attitudes, Skills, and Knowledge Survey (PASKS) ในการวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มจะมีพัฒนาการด้านความเข้าใจเนื้อหา กระบวนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ใช้ MBI และ TDL ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความท้าทายในการนำแนวทางการสอนแบบสืบเสาะมาใช้ในทางปฏิบัติ เช่น ข้อจำกัดด้านเวลา และความไม่สะดวกใจของครูในการควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการศึกษานี้จึงสะท้อนให้เห็นถึงความซับซ้อนในการประเมินประสิทธิผลของแนวทางการสอนแบบสืบเสาะเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม และเป็นข้อมูลสำคัญในการพิจารณาการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างแบบจำลองในบริบทการศึกษาฟิสิกส์

Zangori and Forbes (2015) ได้ขยายขอบเขตการศึกษาการใช้แบบจำลองไปยังบริบทการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา โดยมุ่งเน้นไปที่การสำรวจว่านักเรียนชั้นประถมปีที่ 3 สร้างและใช้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่อิงแบบจำลอง (Model-Based Explanations - MBEs) เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพืชภายในระบบนิเวศ โดยเป็นการวิจัยเชิงออกแบบ (Design-Based Research : DBR) ที่มีการวิเคราะห์แบบจำลองและคำอธิบายของนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทั้งแบบสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงความต้องการการสนับสนุนเพิ่มเติมด้านหลักสูตรและการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจที่ซับซ้อนมากขึ้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงระหว่างพืช สิ่งไม่มีชีวิต และสัตว์ในระบบนิเวศ ทั้งนี้การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการสร้างแบบจำลองในฐานะเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงระบบของนักเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษา และเน้นย้ำถึงความจำเป็นของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ

Moore and Wright (2023) ระบุว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบลายลักษณ์อักษร เป็นกระบวนการสำคัญในวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีบทบาทพื้นฐานในการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ การมีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการยังช่วยพัฒนาทักษะการรู้สารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ (science disciplinary literacy) ของนักเรียนอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อาจเป็นเรื่องท้าทายสำหรับผู้เรียนที่มีความหลากหลายและความต้องการพิเศษ เนื่องจากเป็นทักษะที่ซับซ้อนและต้องอาศัยการประสานหลายองค์ประกอบ บทวิเคราะห์เชิงแนวคิดฉบับนี้มุ่งสำรวจวัตถุประสงค์ของการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการพิจารณาองค์ประกอบและโครงสร้างหลักที่ใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นจึงสังเคราะห์ผลการวิเคราะห์เข้าสู่กรอบแนวทางเพื่อช่วยให้คณะทำงานแผนการศึกษาเฉพาะบุคคล (IEP) สามารถวางแผนและดำเนินการจัดการเรียนรู้และการ

สนับสนุนที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนที่มีความหลากหลายและความต้องการพิเศษในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

He et al. (2024) พบว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นหนึ่งในทักษะหลักที่สำคัญในระบบการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับโลก ทั้งจากมุมมองด้านการวิจัยและการปฏิบัติจริง การศึกษากระบวนการทางความคิด (cognitive process) ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการบูรณาการแนวคิดหลัก (core ideas) จึงเป็นสิ่งสำคัญในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือแก้ไขปัญหา งานวิจัยนี้ได้นำแนวทางการวินิจฉัยทางความคิด (Cognitive Diagnosis Modeling: CDM) มาใช้เพื่อวิเคราะห์รูปแบบทางความคิดของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการบูรณาการความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและรูปแบบต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้ปรับใช้แบบทดสอบจำนวน 3 ฉบับที่ออกแบบมาอย่างดีให้เหมาะสมกับบริบท และพัฒนาองค์ประกอบย่อยของความสามารถทางความคิด (cognitive attributes) จำนวน 5 ด้านที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากการเก็บแบบทดสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 244 คน จากโรงเรียนมัธยมสองแห่ง ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบย่อยของความสามารถทางความคิดทั้ง 5 ด้านที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการระบุความท้าทายทางความคิดของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในบริบทเฉพาะด้านเนื้อหา นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้วิเคราะห์กระบวนการทางความคิดที่เป็นไปได้ของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยพบเส้นทางหลักทางความคิดที่นักเรียนมีแนวโน้มใช้ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้าง (claim) ที่ถูกต้อง การค้นหาหลักฐาน (evidence) ที่เพียงพอบนพื้นฐานของรูปแบบข้อมูล และการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายเหตุผล (reasoning) ผลการวิจัยทางความคิดนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้ครูเลือกใช้สื่อการสอน กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ และลำดับเนื้อหาในบทเรียนได้อย่างเหมาะสม เพื่อสนับสนุนการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านการบูรณาการความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่ได้รับความสำคัญและถือเป็นความท้าทายในการพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่องในหลากหลายระดับชั้นและสาขาวิชา ส่งผลให้นักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาทักษะดังกล่าวของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นหนึ่งกระบวนการที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบ สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และยังพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้อีกด้วย และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังสามารถพัฒนาได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ จะเห็น

ได้ว่าแบบจำลองสามารถช่วยพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และในหลายงานวิจัยสามารถประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาวิชาเคมีได้หลายบทเรียน เช่น เคมีไฟฟ้า ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นบทเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั้งสิ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยมีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 รูปแบบการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิศาสตร์ที่คละความสามารถ จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 120 คน ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/14

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 จำนวน 38 คน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Approach) โดยเป็นการผสานรูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ (Creswell & Creswell, 2018) โดยในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อใช้ในการศึกษาความสามารถในการ

สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และงานวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ส่วน ได้แก่

   1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ (Setting the general parameters)
   2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่
      2.1) การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)
      2.2) การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)
      2.3) การค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)
      2.4) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 2 ข้อ โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ประเมินก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ประเมินเมื่อจัดกิจกรรมครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละข้อมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปและให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอที่นักเรียนจะสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อไปใช้เป็นหลักฐานและการให้เหตุผล มีการออกแบบพื้นที่ในการตอบคำถามโดยใช้คำถามชี้นำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

2. แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบประเมินที่ประเมินจากใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อติดตามความก้าวหน้าของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เนื้อหากรด-เบส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำหนดขอบเขตของสถานการณ์ ซึ่งข้อคำถามในใบกิจกรรมเป็นคำถามชี้นำเพื่อให้นักเรียนระบุข้อ

กล่าวอ้าง พร้อมทั้งอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลและใช้หลักฐานยืนยันข้อกล่าวอ้างเหล่านั้น

3. แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบประเมินที่ประเมินจากใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อติดตามความก้าวหน้าของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้

4. อนุทินของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนแสดงความรู้สึก และความคิดเห็นต่าง ๆ ต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในตัวชี้วัดและสาระแกนการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงปี 2560)

2. ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวมทั้งปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสาระสำคัญเรื่อง กรด-เบส เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สถานการณ์ที่ใช้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส

แผนที่	จำนวนคาบเรียน	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สถานการณ์ที่ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1	2	- เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และ ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน	ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส	ยาลดกรด

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบเรียน	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สถานการณ์ที่ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2	2	- เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุ ความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ	ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	ยาลดกรด (2)
3	3	- ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ การไทเทรตกรด-เบส	อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรต	อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ
4	3	- ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส	การไทเทรตกรด-เบส	วิเคราะห์ปริมาณกรดในน้ำยาล้างห้องน้ำ
5	3	- อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์	สารละลายบัฟเฟอร์	ชุดตรวจโควิด-19 แบบเร่งด่วน

3. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามเรื่องที่กำหนด ประกอบด้วย
    1) ผลการเรียนรู้
    2) สาระสำคัญ
    3) สาระการเรียนรู้
    4) จุดประสงค์การเรียนรู้

5) กระบวนการจัดการเรียนรู้

6) สื่อการเรียนรู้

7) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

8) บันทึกหลังสอน

9) ใบกิจกรรม

โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้ออกแบบให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (ภาคผนวก ค)

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมินผล ตลอดจนภาษาและการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหา และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์การประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2543) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มี

คุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมตั้งแต่ 4.33 – 4.55 และความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ตั้งแต่ 0.55 – 0.89 ถือว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ภาคผนวก ข)

6. ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- สาระสำคัญยังไม่ครอบคลุมเนื้อหา
- จุดประสงค์ไม่เจาะจงกับจุดเน้นหลัก ขาดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
- ขั้นกระบวนการเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ควรระบุข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงกับเนื้อหา
- สถานการณ์ในใบกิจกรรมยังไม่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2
- ขาดความชัดเจนของคำถามในการสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ที่ 2
- การสร้างคำอธิบายควรเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างแบบจำลอง ควรยกสถานการณ์และคำถามที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองและนำมาใช้อธิบายได้ด้วย
- แบบจำลองมีรูปแบบตายตัวควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองด้วยตัวเอง
- สถานการณ์ยังไม่เหมาะที่ใช้ MBI ควรปรับสถานการณ์ใหม่ ในสถานการณ์ที่ 3
- ปรับความสอดคล้องของสถานการณ์ และความชัดเจนในการตั้งคำถาม
- ใบกิจกรรมขาดส่วนการแก้ไขแบบจำลอง
- เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นแบบเฉพาะเจาะจงของแต่ละกิจกรรม

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/14 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดลองใช้ด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.4.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แนวทางในการพัฒนาแบบวัดฯ ซึ่งแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักวิจัยและนักการศึกษานิยมใช้ เป็นแบบวัดแบบอัตนัย โดยให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ มีข้อคำถามให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ข้อ โดยแต่ละข้อมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปและให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอที่นักเรียนจะสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อไปใช้เป็นหลักฐานและการให้เหตุผล มีการออกแบบพื้นที่ในการตอบคำถามโดยใช้คำถามชี้นำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยใช้ระยะเวลา 50 นาที มีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubric) เป็นรายข้อที่สอดคล้องกับข้อคำถาม โดยพิจารณาแยกตามองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 คะแนน

2. สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของแบบวัดเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 2 ข้อ สำหรับการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ในลักษณะของแบบวัดคู่ขนาน ข้อคำถามแต่ละข้อมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่เจาะจงในรายวิชาใดวิชาหนึ่ง มีการให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอที่นักเรียนจะสรุปเป็นองค์ความรู้และนำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีการออกแบบพื้นที่ในการตอบคำถามในลักษณะปลายเปิด และใช้คำถามที่ชี้นำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ

3. จัดทำแบบวัดความสามารถดังกล่าวและเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแบบวัดฯ ที่สร้างขึ้นมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ไม่เจาะจงในรายวิชาใดวิชาหนึ่ง ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอต่อการให้นักเรียนนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักฐาน และส่วนที่ 3 เป็นคำถามที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คำถามที่มีลักษณะชี้นำให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบตามองค์ประกอบ พร้อมทั้งกำหนดพื้นที่ในการเขียนคำตอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านข้อมูลจากบทความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามให้ถูกต้อง

“โรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู (Cysticercosis)”

ชายวัย 52 ปีคนหนึ่งในสหรัฐฯ ประสบปัญหาปวดหัวไมเกรนบ่อยครั้ง และรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ จนทานยาไปก็ไม่ช่วยอะไร เขาจึงไปพบแพทย์ และเมื่อสแกนสมองดูแล้วแพทย์ก็ต้องตกใจเมื่อพบตัวอ่อนของพยาธิตัวตืดหมูฝังอยู่ในสมอง จนก่อให้เกิดอาการโรคถุงพยาธิตืดหมู หรือการที่ตัวอ่อนพยาธิตืดหมูไปฝังตัวตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย (Cysticercosis)

ที่มา : https://www.bbc.com/thai/articles/ce48729wqp3o

จากการศึกษาพบว่าในการรับประทานอาหารที่มีไข่พยาธิตัวตืดหมู เมื่อไข่ถึงกระเพาะจะถูกย่อยโดยน้ำย่อย Pepsin ทำให้ผนังไข่แตก ตัวอ่อนจะออกจากไข่โดยไชออกผ่านผนังกระเพาะอาหารเข้าหลอดเลือด ท่อน้ำเหลือง กระจายฝังไปตามอวัยวะต่าง ๆ เช่น กล้ามเนื้อ สมอง ผิวหนัง ตา ตัวอ่อนนี้เมื่อฝังตัวจะมีผนังหุ้มเป็นถุงน้ำ (cyst) จึงเรียกภาวะนี้ว่า cysticercosis

โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคนี้ พบได้ 3 สาเหตุ ได้แก่

1) รับประทานอาหารที่ปนเปื้อนด้วยไข่พยาธิตืดหมู โดยเฉพาะพืชผักสดที่ล้างไม่สะอาดที่ได้รับการรดน้ำที่มีไข่พยาธิปนอยู่ ตลอดจนไข่พยาธิอาจปนมากับน้ำประปาปนเปื้อนดินที่มีไข่พยาธิ

2) การขย้อนไข่จากพยาธิตัวแก่ในลำไส้เล็กของผู้ป่วยที่มีพยาธิอยู่ในลำไส้อยู่แล้วย้อนกลับเข้าไปในกระเพาะอาหารของผู้ป่วยคนนั้นเอง

3) การที่ผู้ป่วยที่มีพยาธิตัวแก่อยู่ในลำไส้ใหญ่ ถ้าใช้มือล้างก้นหรือเกาบริเวณทวารหนัก แล้วมีไข่พยาธิที่มาติดอยู่บริเวณนั้นติดนิ้วมือไป ถ้าผู้ป่วยไม่ล้างมือแล้วใช้มือจับอาหารเข้าปากหรืออมนิ้วก็จะได้ไข่พยาธิเข้าปากของตัวเองแล้วลงสู่กระเพาะอาหาร

“ถ้านีโน่มีไข่พยาธิอยู่ในลำไส้ใหญ่ แต่รับประทานอาหารที่ปรุงสุก ล้างพืชผักและล้างมืออย่างถูกหลักอนามัยทุกครั้งที่ปรุงหรือรับประทานอาหาร นักเรียนคิดว่านีโน่จะเป็นโรคติดเชื้อพยาธิตืดหมูหรือไม่ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดในบทความนี้ที่มาสนับสนุนคำตอบนั้น”

.....

4. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนโดยดัดแปลงจาก McNeill และ Krajcik (2012) โดยเป็นการประเมินแบบแยกองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 คะแนน รวมทั้งสิ้น 6 คะแนน โดยผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์กลางการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ ดังตารางที่ 7 และตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อในแต่ละองค์ประกอบ (ภาคผนวก ค) ดังนี้

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ (ดัดแปลงจาก McNeill และ Krajcik, 2012)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ (คะแนน)		
	ดีมาก (2 คะแนน)	ดี (1 คะแนน)	ควรปรับปรุง (0 คะแนน)
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุได้ถูกต้องสมบูรณ์	ระบุได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ไม่มีการระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุไม่ถูกต้อง
หลักฐาน	แสดงหลักฐานที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานที่ถูกต้อง แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลที่มีหลักการวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเพียงพอ	ให้เหตุผลที่กล่าวถึงหลักฐานซ้ำ หรือให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน	ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่มีหลักการวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์

“โรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู (Cysticercosis)”	
แนวคำตอบ	ไม่เป็นโรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู เพราะ โรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู เป็นการติดเชื้อที่เกิดจากน้ำย่อย pepsin ในกระเพาะอาหารทำให้ผนังไข่แตกออก ตัวอ่อนที่ออกมาจากไข่จะไชเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งถ้าไข่พยาธิอยู่ในลำไส้ใหญ่จะไม่มีน้ำย่อย pepsin ที่ทำให้ผนังไข่แตก ตัวอ่อนจึงไม่สามารถออกมาจากไข่ได้ ทำให้ไม่เป็นโรค Cysticercosis

ข้อกล่าวอ้าง	ไม่เป็นโรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู
หลักฐาน	การติดเชื้อเกิดจากผนังไข่แตกออกโดยน้ำย่อย pepsin ในกระเพาะอาหาร ตัวอ่อนที่ออกมาจากไข่จะไชเข้าสู่กระแสเลือด
การให้เหตุผล	ในลำไส้ใหญ่จะไม่มีน้ำย่อย pepsin ที่ทำให้ผนังไข่แตก ตัวอ่อนจึงไม่สามารถออกมาจากไข่ได้

คะแนน	**ตัวอย่างคำตอบ**
ข้อกล่าวอ้าง	
2	ระบุได้ถูกต้องว่า “ไม่เป็นโรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู” ตัวอย่างเช่น - ไม่เป็นโรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู - ไม่เป็นโรค/ไม่ติดเชื้อ - ไม่
1	ระบุได้ถูกต้อง แต่เป็นการตอบทางอ้อม ตัวอย่างเช่น - ติดเชื้อไม่ได้ - ไม่ทำให้ติดเชื้อ
0	ไม่สามารถระบุได้ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - เป็นโรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู - เป็นโรค/ติดเชื้อ - อาจจะเป็นโรคก็ได้
หลักฐาน	
2	แสดงหลักฐานการเกิดโรคได้ถูกต้องสมบูรณ์บนข้อมูลที่มีอยู่ ตัวอย่างเช่น - การติดเชื้อเกิดจากน้ำย่อย pepsin ในกระเพาะอาหารทำให้ผนังไข่แตกออก ตัวอ่อนที่ออกมาจากไข่จะไชเข้าสู่กระแสเลือด - น้ำย่อย pepsin ในกระเพาะอาหาร ย่อยผนังไข่แตก ตัวอ่อนหลุดออกมาและไชสู่หลอดเลือดทำให้เกิดการติดเชื้อ
1	แสดงหลักฐานได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น - การติดเชื้อเกิดจากผนังไข่แตกโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ตัวอ่อนจึงออกมาได้ - ตัวอ่อนที่ออกมาจากไข่ที่แตกโดย pepsin จะเข้าสู่หลอดเลือด

0	ไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - น้ำย่อยทำให้ผนังไข่แตกเกิดเป็นตัวอ่อนแล้วไชเข้าสู่หลอดเลือดทำให้เกิดการติดเชื้อ - น้ำย่อยในลำไส้ใหญ่ทำให้ผนังไข่แตกเป็นตัวอ่อนได้ - ล้างมือไม่สะอาดทำให้ได้รับไข่จากการสัมผัสทวารหนัก
การให้เหตุผล	
2	ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลได้ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - ในลำไส้ใหญ่จะไม่มีน้ำย่อย pepsin ที่ทำให้ผนังไข่แตก ตัวอ่อนจึงไม่สามารถออกมาจากไข่ได้ - ในลำไส้ใหญ่ไม่มีน้ำย่อยที่ทำให้ผนังไข่แตก ตัวอ่อนจึงออกมาไม่ได้ - ในลำไส้ใหญ่ไม่มี pepsin ที่ทำให้ผนังไข่แตก ตัวอ่อนจึงออกมาไม่ได้
1	ใช้หลักฐานมากล่าวอ้างซ้ำหรือให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น - ตัวอ่อนไม่สามารถออกมาจากไข่ได้จึงไม่เกิดการติดเชื้อ - ไม่มี pepsin ที่ทำให้ตัวอ่อนออกมาได้
0	ไม่มีการให้เหตุผล หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง - ลำไส้ใหญ่มีน้ำย่อยที่ทำให้ผนังไข่แตกแล้วตัวอ่อนออกมาได้ - ล้างมือไม่สะอาดทำให้ไข่ลงสู่กระเพาะอาหารแล้วถูกย่อย เกิดเป็นตัวอ่อน

5. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของความสามารถดังกล่าว ตลอดจนความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้

6. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหา และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม และค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์การประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2543) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.51– 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

0.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น (ภาคผนวก ข)

การประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์การประเมินดังนี้

ให้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามองค์ประกอบ

ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามองค์ประกอบ

ให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามองค์ประกอบ

จากนั้นนำผลที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency : IOC) ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) โดยแบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ตั้งแต่ 0.7-1.0 ซึ่งถือว่าแบบวัดสามารถนำไปใช้ได้ มีค่าความเหมาะสมอยู่ตั้งแต่ 4.47 – 4.80 และความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ตั้งแต่ 0.38 – 0.55 ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด (ภาคผนวก ข)

7. ดำเนินการปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยมีข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ควรระบุหลักฐานให้ชัดเจนว่ามีกี่หลักฐาน อะไรบ้าง กับบอกตัวอย่างแนวคำตอบเพื่อความชัดเจนในการตรวจกรณีที่ผู้ตรวจไม่ใช่ผู้วิจัย
- อยากให้พิจารณาหลักฐานและการให้เหตุผล อาจจะมองว่าเป็นหลักการไม่ใช่หลักฐาน

8. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/14 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยเป็นนักเรียนที่ผ่านการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว โดยนักเรียนแต่ละคนทำแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ เพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559) ดังนี้

1) หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม โดยคำนวณจากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 27% ซึ่งข้อคำถามควรมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป จากผลการทดลองใช้พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความยากตั้งแต่ 0.32-0.46 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.50-0.63 ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสม (ภาคผนวก ข)

2) หาค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดแต่ละฉบับ โดยนำคะแนนของแต่ละฉบับมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นจะมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า 0.70 จากผลการทดลองใช้พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นฉบับก่อนเรียนเท่ากับ 0.71 และฉบับหลังเรียนเท่ากับ 0.77 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง (ภาคผนวก ข)

3) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ โดยทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) แบบวัดที่มีความสัมพันธ์กันจะมีค่าเข้าใกล้ 1 จากผลการทดลองใช้พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.844 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันระดับสูง (ภาคผนวก ข)

3.4.3 แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาเอกสารและองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของ McNeill and Krajcik (2008)

2. สร้างแบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดขอบเขตและลักษณะของแบบประเมินที่มีการประเมินพฤติกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งครอบคลุมการประเมินองค์ประกอบทุกด้านของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ค)

3. นำแบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมระหว่างเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้

4. นำแบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์การประเมินดังนี้

จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2543) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแบบประเมินใบกิจกรรมมีคุณภาพเหมาะสม ซึ่งแบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเหมาะสมตั้งแต่ 4.30 - 4.60 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานตั้งแต่ 0.55 - 0.89 ถือว่ามีความเหมาะสมระดับมากถึงมากที่สุด (ภาคผนวก ข)

3.4.4 อนุทินของนักเรียน

1. ศึกษาแนวทางการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างอนุทินที่ครอบคลุมองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความรู้สึก และความคิดเห็นต่าง ๆ ต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการสร้างอนุทินในประเด็นต่าง ๆ ที่ต้องการให้นักเรียนเขียน 5 ส่วน ได้แก่

1) เรื่องที่เรียน

2) กิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ

3) สิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมเพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ

4) ความรู้สึกที่มีต่อการเรียน

5) ปัญหาที่เกิดจากการเรียน

3. นำอนุทินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของเนื้อหา ความตรงของเนื้อหา และความถูกต้องของการใช้ภาษา

4. นำอนุทินที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อพิจารณาความเหมาะสมเชิงภาษาและข้อคำถาม

3.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมาจำนวน 1 ห้องเรียน เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

3. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน รายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส จำนวน 4 หัวข้อ ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรด-เบส ไทเทรตกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ ใช้เวลาสอน 13 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง

5. ระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6. เมื่อสิ้นสุดการสอนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แล้วให้นักเรียนเขียนอนุทิน และตรวจใบกิจกรรมโดยใช้แบบประเมินใบกิจกรรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเขียนบันทึกหลังสอนอย่างละเอียด

7. เมื่อสิ้นสุดการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

8. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มาแปลผลข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ โดยใช้กรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2012) จากองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล มีระดับคะแนน 3 ระดับ แบ่งเกณฑ์การแปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ได้แก่ ดีมาก (2 คะแนน) ดี (1 คะแนน) และควรปรับปรุง (0 คะแนน) แล้วเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample t-test) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากบันทึกหลังสอน ใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และอนุทินของผู้เรียน ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (Analytic induction) ตามแนวทางของ มณีญา สุราช (2559) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอนเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม โดยอ่านบันทึกอย่างละเอียดเพื่อทำความเข้าใจประเด็นสำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างการสอน จัดกลุ่มประเด็นสำคัญและสร้างข้อสรุปร่วมที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สำเร็จ และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการสอน

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน โดยนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเขียนมาจัดกลุ่มข้อความเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สร้างข้อสรุปร่วมเพื่อสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตีความข้อมูลเพื่อนำเสนอผลของการศึกษาของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการตรวจให้คะแนนนักเรียนจากใบกิจกรรมตามเกณฑ์การประเมินโดยใช้แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2012) จากองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล มีระดับคะแนน 3 ระดับ และแบ่งเกณฑ์การแปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ได้แก่ ดีมาก (2 คะแนน) ดี (1 คะแนน) และควรปรับปรุง (0 คะแนน) จากนั้นหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก และจัดระดับคะแนนตามค่าพิสัยเพื่อทำการแปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (5-6 คะแนน) ดี (3-4 คะแนน) ควรปรับปรุง (0-2 คะแนน) (พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563) แล้วทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบโดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของกราฟเส้นแสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนแต่ละระดับตลอดทุกแผนการจัดการเรียนรู้

3. วิเคราะห์ข้อมูลจากอนุทินของนักเรียนเพื่อนำประเด็นปัญหาหรือข้อเสนอแนะของนักเรียนมาเป็นแนวทางแก้ไข ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทำการเรียบเรียงและจัดระบบข้อมูลให้เป็นกลุ่มคำเพื่อสร้างข้อสรุปร่วมเพื่อสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แล้วนำเสนอข้อมูลโดยการบรรยายสนับสนุนผลของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 8 สรุปการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือ	การเก็บรวบรวมข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
1. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	1. นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (Pre-test) 2. หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผนนักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน (Post-test)	วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample t-test)
2. บันทึกหลังสอน	เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเขียนบันทึกหลังสอนอย่างละเอียด	วิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาแบบอุปนัย (Analytic induction) เพื่อเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียน และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม
3. แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยตรวจใบกิจกรรมจากแบบประเมินใบกิจกรรมฯ	วิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาแบบอุปนัย (Analytic induction) เพื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน
4. อนุทินของนักเรียน	เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเขียนอนุทิน	วิเคราะห์ข้อมูลจากอนุทินของนักเรียน ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาแบบอุปนัย (Analytic induction) โดยนำประเด็นปัญหาหรือข้อเสนอแนะของนักเรียนมาเป็นแนวทางในการแก้ไข ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.6.4 สถิติในการวิจัย

1. สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean: AM) หมายถึง ค่าที่เกิดจากการรวมกันของข้อมูลทุกตัวแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดโดยค่าเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลของประชากรแทนด้วยสัญลักษณ์ดังสมการ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ยที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง

n แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum_{i=1}^{n} x_i$ แทนผลรวมของข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

$= x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n$

1.2 ร้อยละ (Percentage) เป็นการเปรียบเทียบความถี่ระหว่างรายการย่อยกับความถี่ที่เกิดขึ้นทั้งหมดของข้อมูลชุดเดียวกันที่ปรับเปลี่ยนค่าให้เท่ากับ 100 คำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{ร้อยละ} = \left(\frac{\text{ความถี่ของรายการที่สนใจ}}{\text{ความถี่ทั้งหมด}}\right) \times 100$$

1.3 ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน (Standard Deviation) ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน หมายถึง รากที่สองของความแปรปรวนการคำนวณเป็น ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553)

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

เมื่อ S แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ยที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง

n แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum x^2$ แทนผลรวมของกำลังสองข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

$(\sum x)^2$ แทนกำลังสองของผลรวมข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติในการทดสอบความแตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบความแตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง ใช้การทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired sample t-test) โดยมีความไม่เป็นอิสระต่อกันหรือมีความสัมพันธ์กัน มีลักษณะสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลสองกลุ่มที่วัดจากกลุ่มเดียวกันสองครั้ง เช่น สอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest -Posttest) การสอบซ้ำ (Test-retest) ซึ่งสามารถทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สมการดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553)

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{d/\sqrt{n}}} \text{ หรือ } t = \frac{\sum d}{\sqrt{\frac{n\sum d^2 - (\sum d)^2}{n-1}}}, \text{ df = n-1}$$

เมื่อ d แทนความแตกต่างของค่าของตัวแปรตามแต่ละคู่

n แทนจำนวนคู่

$\bar{d}$ แทนค่าเฉลี่ยของ d

S_d แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ d

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามวิจัยคือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในรูปแบบของการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Approach) โดยเป็นการผสานรูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ (Creswell & Creswell, 2018) โดยในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อใช้ในการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และงานวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
$*$	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
df	แทน	ชั้นแบ่งความอิสระ

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. ผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

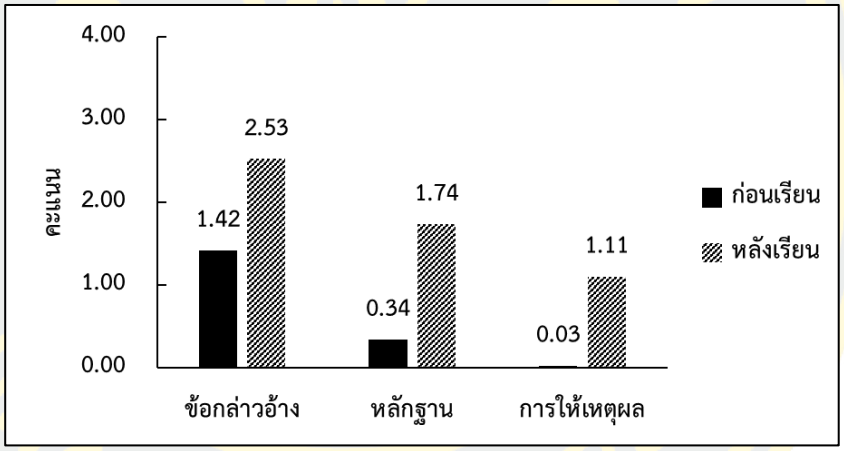
1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 2 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 2 คะแนน รวมเป็นข้อละ 6 คะแนน คะแนนเต็มแต่ละฉบับเท่ากับ 12 คะแนน ซึ่งเป็นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ร้อยละของผลต่าง
		$\bar{x}$	SD	ร้อยละ	$\bar{x}$	SD	ร้อยละ	
ข้อกล่าวอ้าง	4.00	1.42	0.95	35.53	2.53	0.80	63.16	27.63
หลักฐาน	4.00	0.34	0.58	8.55	1.74	1.18	43.42	34.87
การให้เหตุผล	4.00	0.03	0.16	0.66	1.11	1.09	27.63	26.97
รวมทั้ง 3 องค์ประกอบ	12.00	1.79	1.21	14.91	5.37	1.92	44.74	29.82

เมื่อพิจารณาตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ซึ่งในแต่ละข้อผู้วิจัยได้ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evident) และการให้เหตุผล (Reasoning) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบหลักฐานมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 34.87 รองลงมาคือ ข้อกล่าวอ้าง คิดเป็นร้อยละ 27.63 และการให้เหตุผล คิดเป็นร้อยละ 26.97 โดยผู้วิจัยได้แสดงแผนภูมิคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบก่อนและหลังเรียน ดังภาพที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนโดยทำการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample t-test) ปรากฏดังตารางที่ 10



ภาพที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติ Paired sample t-test

องค์ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**การทดสอบ**	$\bar{x}$	SD	t	df	p **(1-tailed)**
ข้อกล่าวอ้าง	ก่อนเรียน	1.42	0.95	5.118*	37	.000
	หลังเรียน	2.53	0.80			

ตารางที่ 10 (ต่อ)

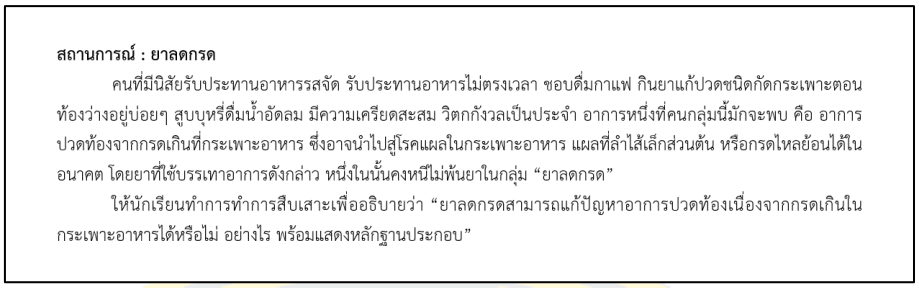
องค์ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	การทดสอบ	$\bar{x}$	SD	t	df	p (1-tailed)
หลักฐาน	ก่อนเรียน	0.34	0.58	6.385*	37	.000
	หลังเรียน	1.74	0.16			
การให้เหตุผล	ก่อนเรียน	0.03	0.80	6.187*	37	.000
	หลังเรียน	1.11	1.09			
รวมทั้ง 3 องค์ประกอบ	ก่อนเรียน	1.79	1.21	8.941*	37	.000
	หลังเรียน	5.37	1.92			

* $p < .05$

จากตารางที่ 10 พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ

2. ผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ส่วน ได้แก่ 1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย คือ ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses) ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence) ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument) ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ใบกิจกรรม มีการใช้สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นประเด็นศึกษา (ภาพที่ 2) และตั้งคำถามให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ภาพที่ 3)

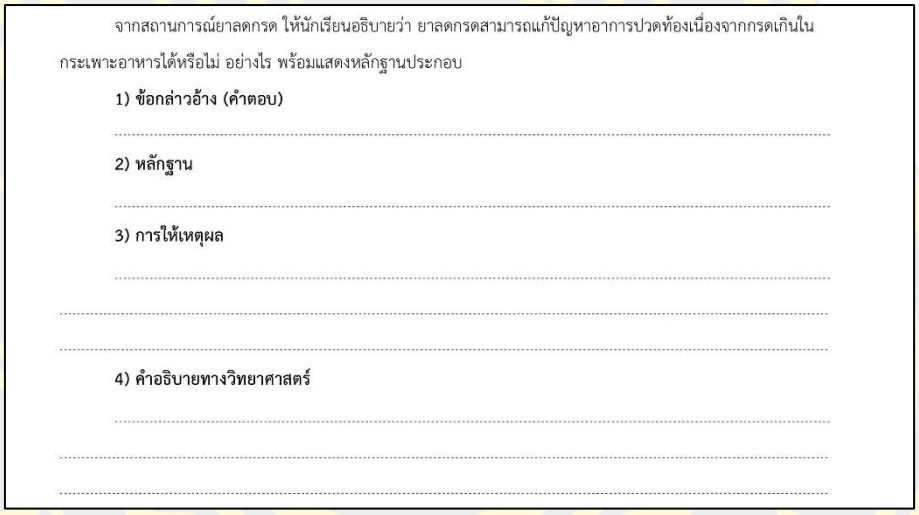


สถานการณ์ : ยาลดกรด

คนที่มีนิสัยรับประทานอาหารรสจัด รับประทานอาหารไม่ตรงเวลา ชอบดื่มกาแฟ กินยาแก้ปวดชนิดกัดกระเพาะตอนท้องว่างอยู่บ่อยๆ สูบบุหรี่ดื่มน้ำอัดลม มีความเครียดสะสม วิตกกังวลเป็นประจำ อาการหนึ่งที่คนกลุ่มนี้มักจะพบ คือ อาการปวดท้องจากกรดเกินที่กระเพาะอาหาร ซึ่งอาจนำไปสู่โรคแผลในกระเพาะอาหาร แผลที่ลำไส้เล็กส่วนต้น หรือกรดไหลย้อนได้ในอนาคต โดยยาที่ใช้บรรเทาอาการดังกล่าว หนึ่งในนั้นคงหนีไม่พ้นยาในกลุ่ม “ยาลดกรด”

ให้นักเรียนทำการทำการสืบเสาะเพื่ออธิบายว่า “ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ”

ภาพที่ 2 ตัวอย่างสถานการณ์



จากสถานการณ์ยาลดกรด ให้นักเรียนอธิบายว่า ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

.....

2) หลักฐาน

.....

3) การให้เหตุผล

.....

.....

.....

4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ภาพที่ 3 ตัวอย่างใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในใบกิจกรรมแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยเนื้อหากรด-เบส จำนวน 5 แผน แผนละ 1 ใบกิจกรรม ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

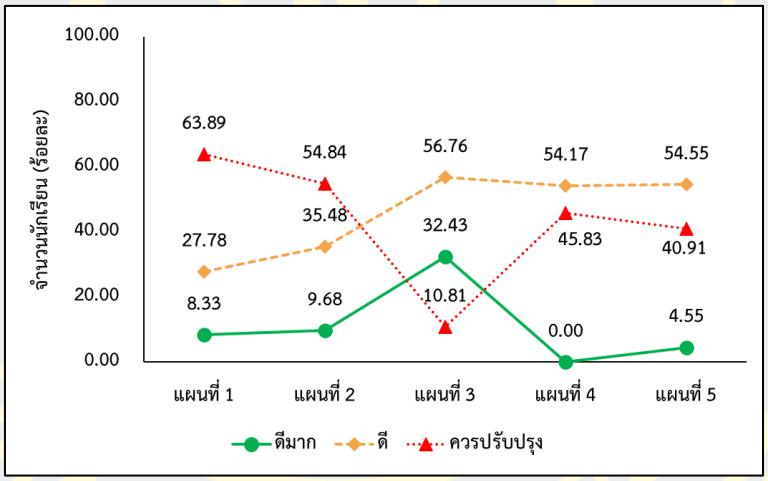
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อินดิเคเตอร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้พิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ควรปรับปรุง พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุง มีจำนวนร้อยละ 63.89 ระดับดีร้อยละ 27.78 และ

ระดับดีมากร้อยละ 8.33 เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับควรปรับปรุงลดลง ระดับดีและระดับดีมากเพิ่มขึ้น โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุงลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10.81 ระดับดีเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 56.76 และระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 32.43 แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และ 5 พบว่า ความสามารถระดับดีและดีมากมีแนวโน้มลดลง ระดับควรปรับปรุงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาตั้งแต่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึง 5 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถระดับควรปรับปรุงมีแนวโน้มลดลงจากร้อยละ 63.89 เหลือร้อยละ 40.91 ระดับดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27.78 เพิ่มเป็นร้อยละ 54.55 และระดับดีมากลดลงจากร้อยละ 8.33 เหลือร้อยละ 4.55 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ

จากผลความก้าวหน้าของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมสูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นอกจากข้อมูลข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุปผลจากบันทึกหลังสอนของครูและบันทึกอนุทินของนักเรียน ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 5 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้

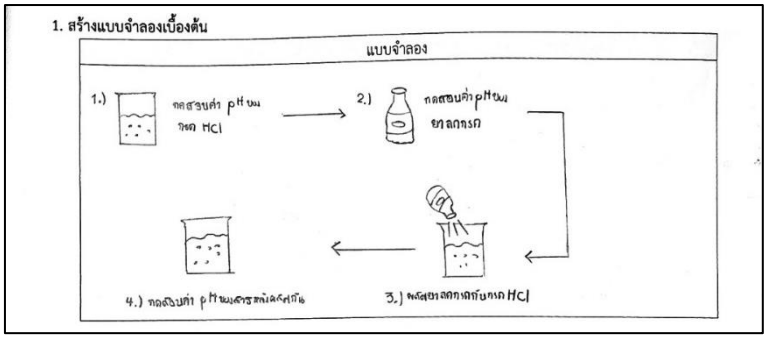
1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตการศึกษาและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตดังกล่าว โดยใช้สถานการณ์ “ยาลดกรด” เพื่อการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส โดยชนิดของกรดและเบสที่ศึกษา ได้แก่ กรดแก่ทำปฏิกิริยากับเบสอ่อน

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

ผู้วิจัยทบทวนความรู้เดิม ได้แก่ ความแรงของกรด-เบส ชนิดของกรดในกระเพาะอาหาร และได้นำเสนอสถานการณ์ จากนั้นตั้งคำถามจากสถานการณ์ว่า “ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ” และกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายคำตอบของกลุ่มตนเองให้ออกมาในลักษณะของแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้คือ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ว่ายาลดกรดมีฤทธิ์เป็นเบสจึงสามารถลดกรดได้ แต่ไม่สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อธิบายได้ว่าสารที่เป็นเบสสามารถลดความเป็นกรดได้อย่างไร นอกจากนี้นักเรียนยังสร้างแบบจำลองกลไกในการลดกรดของสารที่เป็นเบสในระดับมหภาค โดยส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองที่แสดงถึงวิธีการทดสอบความเป็นกรด-เบส ทั้งยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “กรดผสมกับเบสจะได้สารละลายที่เป็นกลาง ดังนั้นยาลดกรดจึงทำให้ในกระเพาะอาหารเป็นกลาง” และไม่มีแบบจำลองระดับจุลภาคหรือสัญลักษณ์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่ทดสอบได้ แต่ยังไม่สามารถใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 1 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

หลังจากที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้น ผู้วิจัยตั้งประเด็นให้นักเรียนหาวิธีการพิสูจน์คำตอบหรือข้อกล่าวอ้างนั้นเพื่อทำการทดสอบในขั้นตอนถัดไป โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการตั้งสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างให้กับนักเรียน ผลที่เกิดขึ้นคือ นักเรียนสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้แต่ยังไม่ครอบคลุมข้อกล่าวอ้าง เช่น “ถ้าทดสอบยาลดกรดกระดาษลิตมัสจะเป็นสีน้ำเงิน” จึงกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนค้นหาวิธีที่สามารถตรวจสอบสารละลายหลังจากสะเทิน โดยใช้คำถามยกตัวอย่างดังนี้

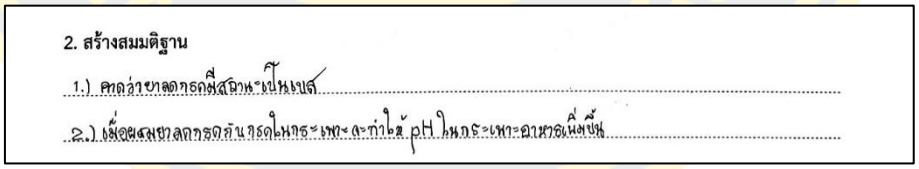
ครู : ถ้านักเรียนต้องการทดสอบว่าความเป็นกรดลดลง จะใช้เครื่องมืออะไรบอกได้บ้าง

นักเรียน : กระดาษลิตมัสครับครู

ครู : กระดาษลิตมัสสามารถบอกได้อย่างไรคะ

นักเรียน : ถ้ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีแดง แสดงว่าเป็นกรด ถ้าเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแสดงว่าเป็นเบส

จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีวิธีการพิสูจน์ว่าสารละลายเป็นกรดหรือเบส แต่ยังไม่สามารถหาวิธีการพิสูจน์ได้ว่าหากความเป็นกรดลดลงจะสามารถสังเกตได้จากสิ่งใด ครูจึงนำเสนอกระดาษลิตมัสสีเหลือง (Universal indicator Paper) ซึ่งนักเรียนไม่เคยรู้จักมาก่อน จากนั้นจึงให้นักเรียนตั้งสมมติฐานร่วมกันอีกครั้ง จึงจะสามารถตั้งสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์ ดังภาพที่ 6


2. สร้างสมมติฐาน

1.) คาดว่ายาลดกรดมีสภาพเป็นเบส

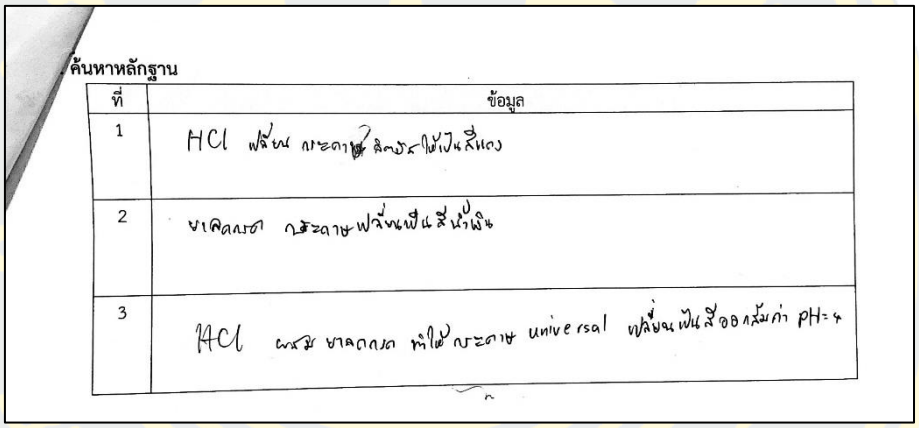
2.) เพื่อผสมยาลดกรดกับกรดในกระเพาะทำให้ pH ในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 6 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 2 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้น โดยมีครูเป็นผู้ชี้นำขั้นตอนการทดลองเพื่อให้ตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทดลองและเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง โดยใช้กระดาษลิตมัสสีเหลืองทดสอบสารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายยาลดกรด และสารละลายหลังจากผสม ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างการค้นหาหลักฐานของนักเรียนกลุ่มหนึ่ง ซึ่งได้ผลการทดลองตรงตามทฤษฎีโดยสารละลายหลังการผสมสารละลายยาลดกรดลงไปในสารละลายกรดจะมี pH เพิ่มขึ้นแต่ไม่เป็นกลาง แต่นักเรียนบางส่วนได้

pH 7 ซึ่งเป็นกลาง จากการสอบถามพบว่า นักเรียนไม่ได้ควบคุมปริมาตรของสารละลายยาลดกรด เนื่องจากปฏิกิริยากรด-เบสที่ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนศึกษาคือปฏิกิริยาสะเทินโดยกรดและเบสต้องทำปฏิกิริยาพอดีกัน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดความเข้มข้นของกรดและเบสตัวอย่างที่ใช้ทดลองไว้เรียบร้อยแล้วแต่นักเรียนบางคนไม่ได้ตระหนักถึงปริมาตรของสารละลายในการทดลองซึ่งเป็นตัวแปรควบคุมของการทดลอง จากที่ผู้วิจัยได้กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่สามารถออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานได้ แต่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของครูในการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อระบุหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ว่ายาลดกรดเป็นเบสจึงสามารถลดความเป็นกรดได้ และยังมีความคลาดเคลื่อนจากการทดลองทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้



ค้นหาหลักฐาน

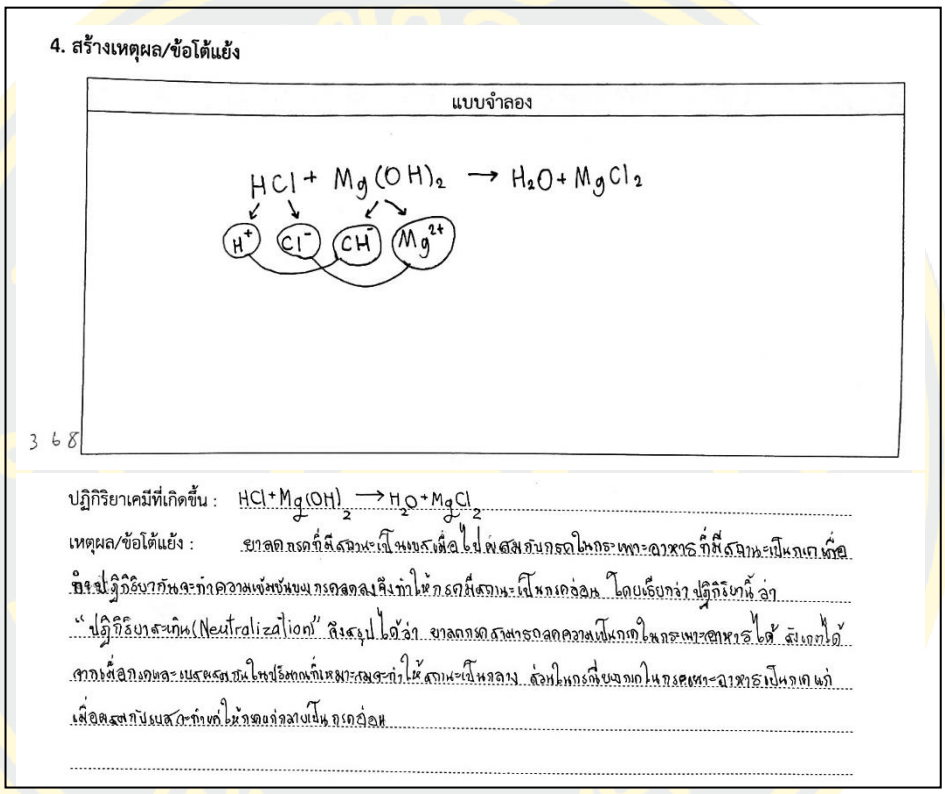
ที่	ข้อมูล
1	HCl ...
2	...
3	HCl ... universal ... pH=4

ภาพที่ 7 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

หลังจากที่นักเรียนได้ทดลองและค้นหาหลักฐานเพื่อนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ครูใช้คำถามเพื่อร่วมกันอภิปรายว่า “สารที่เป็นเบสสามารถลดความเป็นกรดได้อย่างไร” และให้นักเรียนสืบค้นในหนังสือเรียนและแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งเบื้องต้นนักเรียนยังไม่สามารถค้นหาหลักการที่ถูกต้องได้ ครูจึงชี้แนะแนวทางเพิ่มเติมเรื่องปฏิกิริยาสะเทิน ซึ่งนักเรียนบางคนสามารถศึกษาหลักการลดความเป็นกรดด้วยสารที่เป็นเบสได้โดยเกิดปฏิกิริยาสะเทิน แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าทำไมสารละลายหลังการสะเทินจึงไม่เป็นกลาง เนื่องจากหลักฐานยังไม่เพียงพอ ครูจึงกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาหลักฐานเพิ่มเติมว่ากรดในกระเพาะอาหารและเบสในยาลดกรดที่นักเรียนกำลังศึกษาเป็นกรดและเบสชนิดใด จึงจะได้คำอธิบายเพิ่มเติมเพื่อยืนยันหลักฐานการเพิ่มขึ้นของ pH หลังการผสมเบสลงไปในกรด ซึ่งสารละลายยังคงเป็นกรดแต่เป็นกรดที่อ่อนลง หลังจากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันเขียนปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกซึ่งเป็นกรดแก่กับแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นเบสอ่อนจึงได้

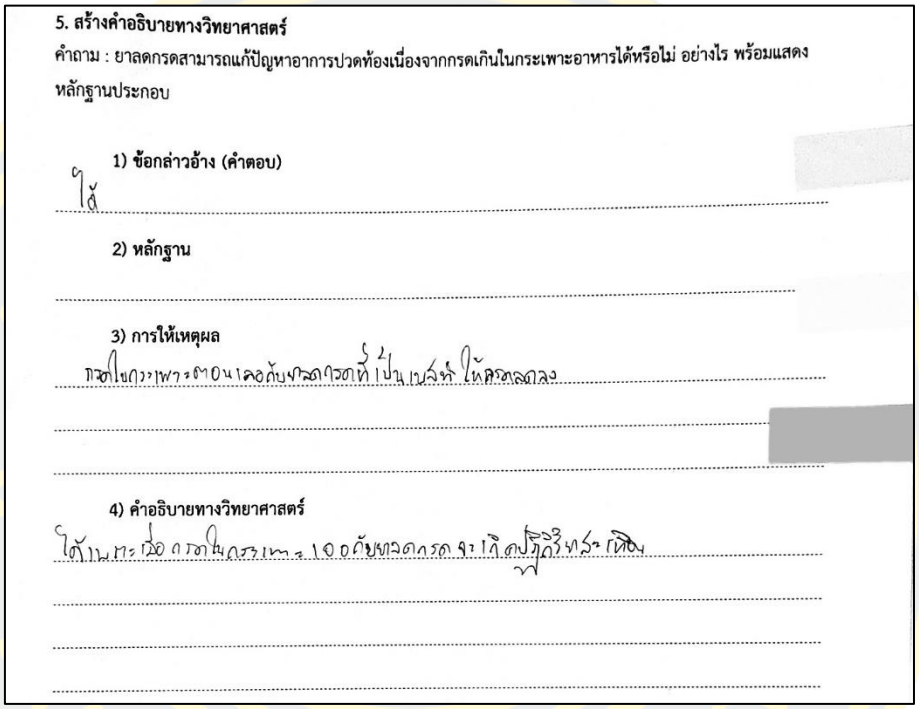
สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกรด ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่นำสมการการเกิดปฏิกิริยามาเขียนเป็นแบบจำลองที่แก้ไขปรับปรุงเพื่อใช้ในการอธิบายเหตุผลและตอบคำถามของสถานการณ์ ดังภาพที่ 8 จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้บางส่วนแต่ยังไม่สมบูรณ์ ต้องมีครูคอยชี้แนะข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อเป็นหลักฐานในการตอบข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น



ภาพที่ 8 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 4 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

จากนั้น นักเรียนแต่ละคนทำใบกิจกรรมในข้อที่ 5 คือการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น โดยเริ่มจากการเขียนคำตอบโดยการแยกแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นจึงนำแต่ละองค์ประกอบมาเขียนรวมเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในข้อสุดท้าย จากนั้นผู้วิจัยทำการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 63.89 ระดับดีร้อยละ 27.78 และระดับดีมากร้อยละ 8.33 จะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ว่า “ยาลดกรดสามารถลดกรดเกินในกระเพาะอาหารได้” เช่น ระบุว่า “ได้” หรือ “ลดได้” แต่ยังไม่สามารถให้หลักฐานหรือข้อมูลที่

สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ หรือการเขียนหลักฐานยังไม่สมบูรณ์ คือ ยังไม่สามารถเชื่อมโยงได้ว่า pH ที่เพิ่มขึ้นเมื่อผสมเบสลงในกรดสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างว่าสารที่เป็นเบสสามารถลดความเป็นกรดได้ และยังไม่มีการอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์ โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 9


5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

ได้

2) หลักฐาน

3) การให้เหตุผล

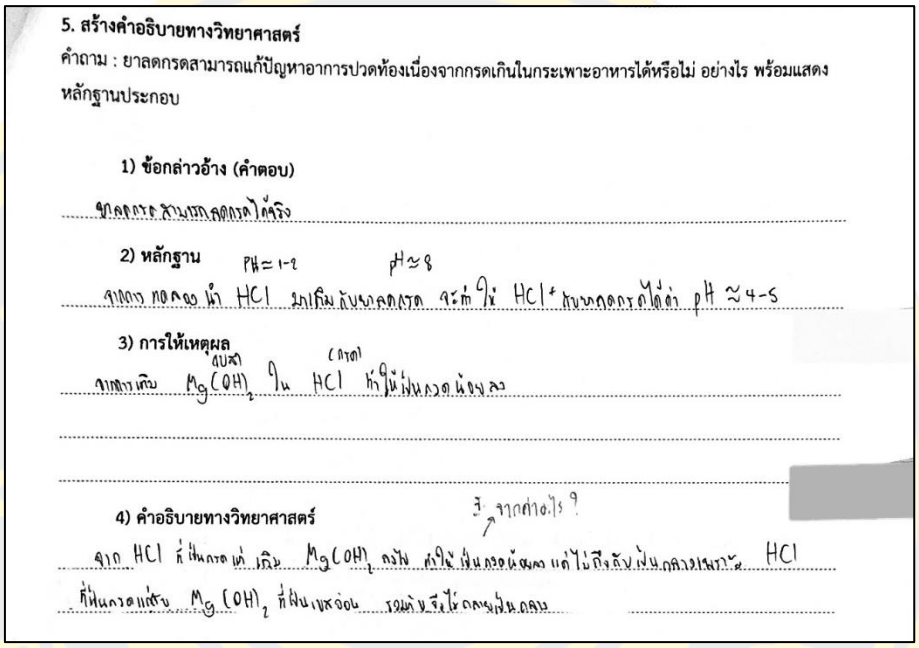
4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S14 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ระดับควรปรับปรุง

พิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S14 ระบุว่า *“ได้ เพราะเมื่อกรดในกระเพาะอาหารเจอกับยาลดกรดจะเกิดปฏิกิริยาสะเทิน”* นั่นคือ นักเรียนสามารถระบุได้ว่ายาลดกรดสามารถแก้ปัญหากรดเกินในกระเพาะอาหารได้แต่ยังไม่มีความสมบูรณ์ ไม่มีการระบุหลักฐานสามารถให้เหตุผลได้ว่าอาศัยหลักการทำปฏิกิริยาสะเทินแต่ยังไม่มีการเชื่อมโยงถึงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สนับสนุนว่ายาลดกรดที่เป็นเบสสามารถสะเทินหรือลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหารได้ จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 0 หรือควรปรับปรุง (0-2 คะแนน)

ทั้งนี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนร้อยละ 27.78 ที่มีความสามารถในระดับดี เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ และยังพบนักเรียนบางส่วนที่สามารถเขียนคำตอบใน *ข้อที่ 1) ข้อกล่าวอ้าง* ได้ถูกต้องสมบูรณ์แต่ไม่มีการสรุปคำตอบใน *ข้อที่ 4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์* สามารถให้หลักฐานได้ถูกต้องโดยใช้ค่า

pH จากการทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลายแต่ยังไม่ชัดเจนโดยการเชื่อมโยงความเป็นกรดที่มากขึ้นหรือลดลงสามารถสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH กล่าวคือ ยังไม่สามารถบอกความเป็นกรดที่ลดลงจากค่า pH ที่เพิ่มขึ้น และยังพบว่านักเรียนบางคนสามารถให้เหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 10


5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

ยาลดกรดสามารถลดกรดได้จริง

2) หลักฐาน pH = 1-2 pH ≃ 8

จากการทดลอง น้ำ HCl มาเติมสับยาลดกรด จะทำให้ HCl ในกรดลดกรดได้ค่า pH ≃ 4-5

3) การให้เหตุผล

จากการเติม $Mg(OH)_2$ (ยาลด) ใน HCl (กรด) ทำให้เป็นกรดน้อยลง

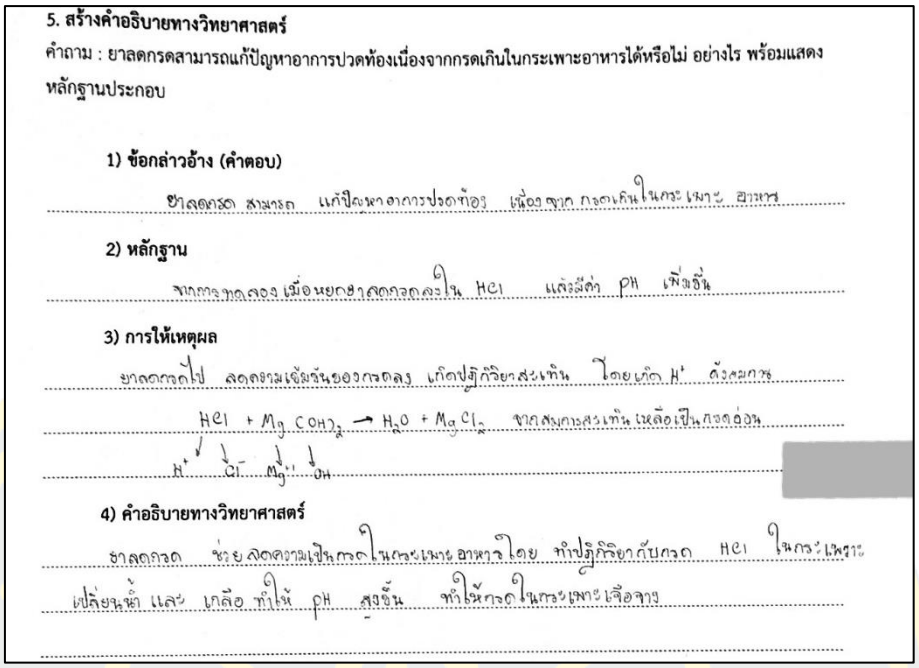
4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จาก HCl ที่เป็นกรดแก่ เติม $Mg(OH)_2$ ลงไป ทำให้เป็นกรดน้อยลง แต่ไม่ถึงกับเป็นกลาง เพราะ HCl ที่เป็นกรดแก่กับ $Mg(OH)_2$ ที่เป็นเบสอ่อน รวมกันจึงไม่กลายเป็นกลาง

ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S09 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ระดับดี

พิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S09 ระบุว่า *“จาก HCl ที่เป็นกรดแก่เติม $Mg(OH)_2$ ลงไป ทำให้เป็นกรดน้อยลง แต่ไม่ถึงกับเป็นกลาง เพราะ HCl ที่เป็นกรดแก่กับ $Mg(OH)_2$ ที่เป็นเบสอ่อน รวมกันจึงไม่กลายเป็นกลาง”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของยาลดกรดได้แต่ไม่มีการสรุปคำตอบและเชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนข้อความที่ว่า “ความเป็นกรดน้อยลง” และยังมีการให้เหตุผลที่ไม่สมบูรณ์ว่าสารละลายกรดและเบสสามารถเกิดปฏิกิริยาสะเทินได้ จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 1 หรือดี (3-4 คะแนน)

อย่างไรก็ตามในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนในระดับดีมากร้อยละ 8.33 ที่มีความสามารถในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถให้หลักฐานได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถให้เหตุผลโดยอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 11



5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

ยาลดกรด สามารถ แก้ปัญหาอาการปวดท้อง เนื่องจาก กรดเกินในกระเพาะ อาหาร

2) หลักฐาน

จากการทดลอง เมื่อหยดยาลดกรดลงใน HCl แล้วมีค่า pH เพิ่มขึ้น

3) การให้เหตุผล

ยาลดกรดไป ลดความเข้มข้นของกรดลง เกิดปฏิกิริยาสะเทิน โดยเกิด H^+ ดังสมการ

$HCl + Mg(OH)_2 \rightarrow H_2O + MgCl_2$ ซึ่งสมการสะเทิน เหลือเป็นกรดอ่อน

H^+ Cl^- Mg^{++} OH^-

4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ยาลดกรด ช่วยลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร โดย ทำปฏิกิริยากับกรด HCl ในกระเพาะ เปลี่ยนน้ำ และ เกลือ ทำให้ pH สูงขึ้น ทำให้กรดในกระเพาะเจือจาง

ภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S36 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ระดับดีมาก

พิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S36 ที่ระบุว่า *“ยาลดกรดช่วยลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหารโดยทำปฏิกิริยากับกรด HCl ในกระเพาะอาหารเปลี่ยนน้ำและเกลือ ทำให้ pH สูงขึ้น ทำให้กรดในกระเพาะอาหารเจือจาง”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ มีการกล่าวถึงค่า pH ที่สูงขึ้นของสารละลายกรดหลังการเติมเบสจึงสามารถพิจารณาข้อมูลและระบุหลักฐานที่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ และมีการกล่าวถึงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสแต่ยังไม่สมบูรณ์ว่าเป็นปฏิกิริยาชนิดใดใน *ข้อที่ 4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์* แต่มีการอ้างถึงใน *ข้อที่ 3) การให้เหตุผล* จึงจัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับ 2 หรือดีมาก (5-6 คะแนน)

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นเพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดได้เนื่องจากเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและใกล้ตัว นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นหาเหตุผลเพื่อยืนยันคำตอบของตัวเองเนื่องจากนักเรียนบางคนตอบตามสัญชาตญาณร่วมกับความรู้เดิมของนักเรียนว่าสารที่เป็นเบสผสมกับกรดจะได้สารละลายที่เป็นกลาง” จากนั้นครูจึงใช้คำถามเพื่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาว่า “หากสารละลายในกระเพาะอาหารหลังรับประทานยาลดกรดนั้นเป็นกลาง นักเรียนคิดว่ากระเพาะอาหารจะอยู่ในสภาวะที่พร้อมทำงานหรือไม่” ทำให้นักเรียนบางคนเริ่มไม่มั่นใจในคำตอบของตนเอง

และอยากสืบเสาะหาหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง นักเรียนหลายกลุ่มมีการสร้างแบบจำลองเป็นแผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อตรวจสอบข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นแบบจำลองในระดับมหภาค และบางคนไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้หรือแบบจำลองไม่สื่อถึงความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน ในขั้นตอนของการสร้างสมมติฐานและค้นหาหลักฐานนักเรียนสามารถทำได้อย่างเหมาะสมโดยต้องมีครูคอยชี้แนะแนวทางเพิ่มเติมค่อนข้างมากทำให้ต้องใช้เวลานานขึ้นจึงต้องลดเวลาในขั้นตอนการสร้างเหตุผล และยังพบอีกว่านักเรียนบางคนมีความรู้เดิมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสทำให้สามารถหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนหลายคนยังไม่สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายคำตอบหรือข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างเข้าใจ ครูยังมีบทบาทมากในขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งหรือการหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ครูกำหนด เนื่องจากเป็นกิจกรรมกลุ่มทำให้นักเรียนบางคนมุ่งแต่จะทำการทดลองเพียงอย่างเดียวโดยที่ไม่พยายามสืบค้นข้อมูลหรือหาหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ข้อมูลจากการทดลองเป็นหลักฐานในการตอบคำถาม บางคนขาดความสนใจในการเรียนรู้โดยรอฟังคำอธิบายจากครูหรือเพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ได้ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์และไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ได้ บางกลุ่มยังขาดทักษะปฏิบัติการทดลองเรื่องการควบคุมตัวแปรทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนและทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงควรปรับปรุงเพื่อพัฒนาในแผนถัดไปดังนี้

1. ผู้วิจัยควรแสดงตัวอย่างแบบจำลองที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อเป็นแนวทางการสร้างแบบจำลองให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองได้ง่ายขึ้น

2. ในครั้งแรก ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ เนื่องจากนักเรียนบางคนอาจจะยังไม่มีทักษะการตั้งสมมติฐาน

3. ผู้วิจัยควรกำหนดจำนวนหลักฐานที่เกี่ยวข้องที่ใช้ให้ชัดเจน เพื่อตรวจสอบการสืบค้นของนักเรียนให้ง่ายและชัดเจนมากขึ้น

4. ผู้วิจัยควรกำหนดขอบเขตหรือหัวข้อการค้นหาข้อมูลในขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้ง/การให้เหตุผล เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์และเรียนรู้ได้เร็วขึ้น

5. ผู้วิจัยควรเผื่อเวลาในขั้นตอนการสร้างเหตุผลเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ยากสำหรับนักเรียนต้องอาศัยการอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนข้อมูลมากขึ้น

6. ผู้วิจัยควรอธิบายความสำคัญขององค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบให้ชัดเจน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อนุทินที่ให้นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามว่า “กิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติช่วยสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 : *“ได้ เพราะเป็นการพิสูจน์เรื่องสารในยาลดกรดที่มีส่วนช่วยในการปรับค่า pH ของกรดในกระเพาะอย่างไร”*

นักเรียน 2 : *“ได้ มีการทดลองจริงและนำมาเป็นหลักฐานยืนยันสมมติฐานได้”*

นักเรียน 3 : *“ได้ เพราะได้ทำการทดลองด้วยตนเองและพิสูจน์สมมุติฐานได้ด้วยตนเอง”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าการที่นักเรียนได้มีการตั้งสมมติฐานทำให้นักเรียนได้มีการคาดเดาคำตอบล่วงหน้าก่อนพิสูจน์คำตอบของตนเอง ได้ทำการทดสอบเพื่อพิสูจน์ข้อค้นพบและหาหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเพื่อยืนยันคำตอบ และเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่กำหนดได้ โดยเป็นการสร้างคำตอบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และมีหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนคำตอบนั้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำถามอีกว่า “ขั้นใดของกิจกรรมที่นักเรียนคิดว่ายากที่สุด เพราะเหตุใด” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 :*“สร้างแบบจำลอง เพราะยังไม่แน่ใจว่าจะสร้างอย่างไรให้คนอื่นเข้าใจในแบบจำลอง”*

นักเรียน 2 : *“การให้เหตุผล เพราะยังต้องการให้คุณครูไกด์ไลน์ให้ก่อนถึงจะสามารถทำได้”*

นักเรียน 3 : *“การสร้างเหตุผล เพราะ ต้องนำทุกอย่างจากการทดลองมารวมกันเพื่อหาเหตุผล”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าการสร้างแบบจำลองและการให้เหตุผลเป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีความยากลำบากในการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นชินและการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะสุดท้ายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้หรือแบบจำลองยังไม่สามารถอธิบายได้ อีกทั้งการสร้างเหตุผลเป็นขั้นตอนที่นักเรียนไม่สามารถค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามเชิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้

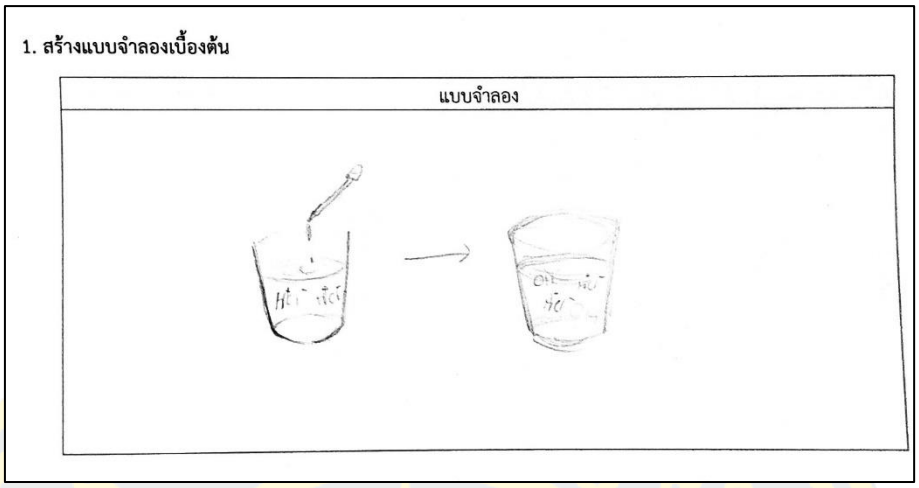
1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตการศึกษาและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตดังกล่าว โดยใช้สถานการณ์ “ยาลดกรด (2)” เพื่อการศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยชนิดของเกลือที่ศึกษา ได้แก่ เกลือที่เกิดจากกรดอ่อนและเบสแก่ (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต : $NaHCO_3$)

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

ครูเชื่อมโยงกิจกรรมที่ 1 โดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับสารละลายหลังปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส ทฤษฎีกรดเบสเบิร์นสเตด-ลาวรี โดยในกิจกรรมที่ 1 นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับกรดแก่ผสมกับเบสอ่อนได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกรด แต่ยังไม่ทราบหลักการพิจารณาว่าความเป็นกรดหรือเบสของสารละลายหลังการสะเทินนั้นมีวิธีการพิจารณาอย่างไร จึงนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 2 จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันระบุข้อกล่าวอ้างว่า “กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือสามารถลดกรดได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ” และกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายคำตอบของกลุ่มตนเองให้ออกมาในลักษณะของแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้คือ นักเรียนสามารถตอบได้ถูกต้องว่าสามารถลดกรดได้เพราะยาลดกรดมีฤทธิ์เป็นเบส แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าสารใดในยาลดกรดที่มีสมบัติเป็นเบส นอกจากนี้ผู้วิจัยสังเกตว่านักเรียนส่วนใหญ่สร้างแบบจำลองในระดับมหภาคโดยแสดงวิธีการทดสอบสมบัติของยาลดกรด และมีนักเรียนบางส่วนที่สร้างแบบจำลองระดับจุลภาคโดยมีการแสดงถึงอนุภาค H^+ และ OH^- ในสารละลายรวมถึงวิธีการทดสอบสมบัติของสารละลายยาลดกรด ดังภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่ทดสอบได้ นักเรียนบางส่วนสามารถถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดออกมาในระดับจุลภาคเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาแต่ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้



ภาพที่ 12 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 1 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

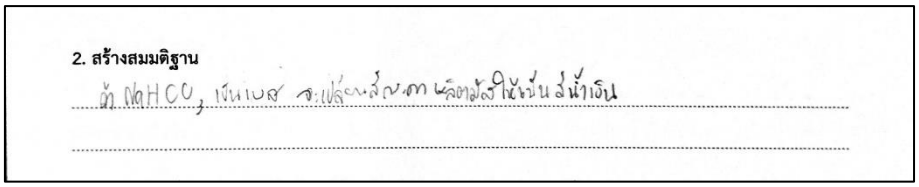
ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

หลังจากที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้น ผู้วิจัยตั้งประเด็นให้นักเรียนหาวิธีการพิสูจน์คำตอบหรือข้อกล่าวอ้างนั้นเพื่อทำการทดสอบในขั้นตอนถัดไป โดยผู้วิจัยได้แสดงองค์ประกอบของยาลดกรดประเภทเกลือ ได้แก่ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบคำตอบและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนดังนี้

ครู : นักเรียนคิดว่าโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตมีสมบัติเป็นเบสหรือไม่ มีวิธีพิจารณาอย่างไร

นักเรียน : เป็นเบส เพราะมี O กับ H แตกตัวก็อาจจะได้ OH^- ครับ

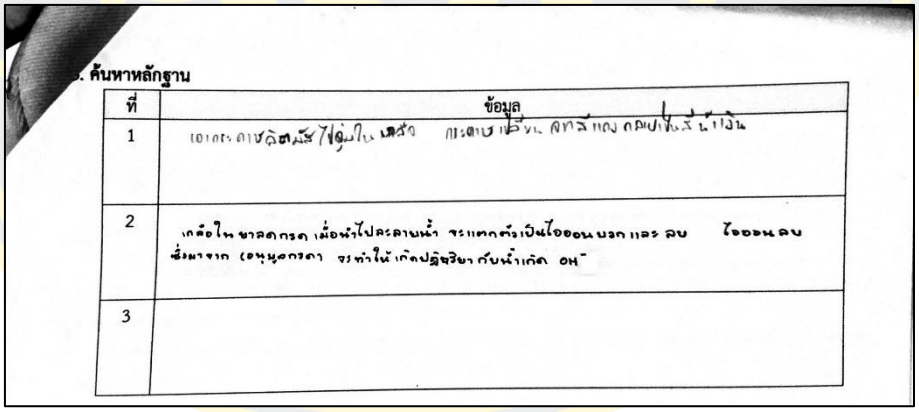
ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทราบว่าสารละลายเบสสามารถลดความเป็นกรดของสารละลายกรดได้จึงมั่นใจว่ายาลดกรดที่มีโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบมีสมบัติเป็นเบสแต่ไม่สามารถอธิบายวิธีพิจารณาได้หรืออธิบายได้แต่ไม่ถูกต้อง เช่น นักเรียนตอบว่าเพราะมี O และ H อาจจะแตกตัวให้ OH^- ที่แสดงความเป็นเบสได้ ซึ่งเป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่องการแตกตัวของสารประกอบไอออนิก และนักเรียนบางส่วนเริ่มไม่เชื่อว่าเกลือดังกล่าวที่อยู่ในยาลดกรดจะมีสมบัติเป็นเบส จากนั้นให้นักเรียนสร้างสมมติฐานเพื่อตรวจสอบคำตอบ พบว่า นักเรียนสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบเพื่อพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 2 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้น พบว่านักเรียนสามารถทดลองและเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง บางกลุ่มทดสอบสารละลายเกลือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตโดยใช้กระดาษลิตมัสสีเหลืองบางกลุ่มใช้กระดาษลิตมัสสีแดง อีกทั้งยังพบว่ามีนักเรียนกลุ่มหนึ่งเขียนหลักการพิจารณาการละลายเกลือจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ แสดงตัวอย่างการค้นหาหลักฐานของนักเรียนกลุ่มดังกล่าวดังภาพที่ 14 จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีการสืบเสาะจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือจากการทดลองเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล จากที่ผู้วิจัยได้กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานได้ เนื่องจากเป็นการทดลองที่ง่ายและนักเรียนคุ้นเคยอยู่แล้ว



ภาพที่ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

หลังจากที่นักเรียนได้ทดลองและค้นหาหลักฐานเพื่อนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ครูใช้คำถามเพื่อร่วมกันอภิปรายว่า “สารละลายเกลือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตมีสมบัติเป็นเบสได้อย่างไร” นักเรียนหลายคนค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ บางคนสืบค้นจาก Chat gpt ซึ่งเบื้องต้นนักเรียนสามารถกล่าวถึงหลักการที่ถูกต้องยังไม่สมบูรณ์ โดยมีประเด็นที่กล่าวถึงดังนี้

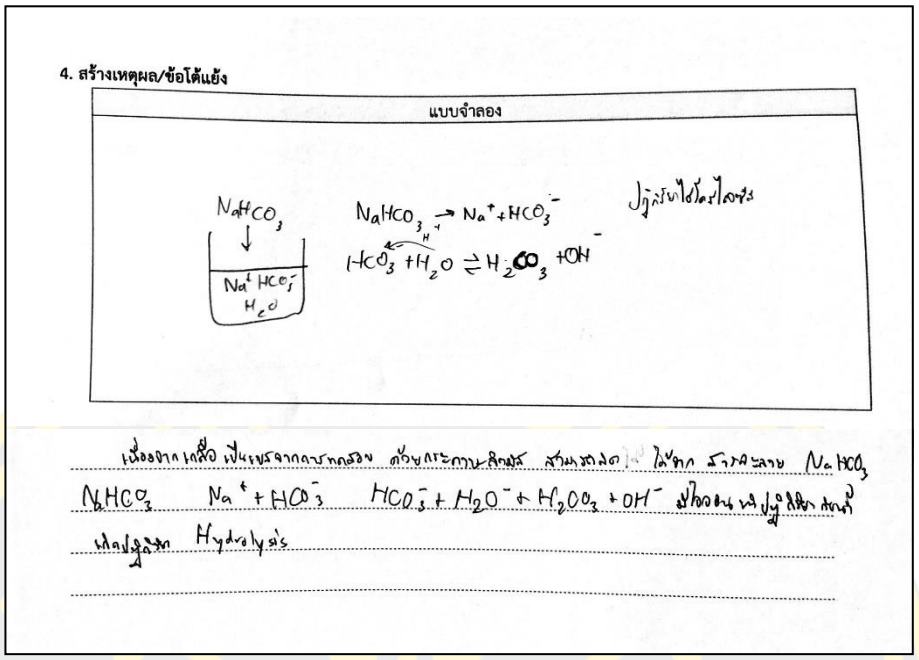
1) *“เพราะเกลือสามารถรับ H^+ ได้”* แต่นักเรียนไม่ทราบว่าสามารถรับได้อย่างไร

2) *“เพราะเพิ่มค่า pH ให้สารละลายได้”* ซึ่งเป็นการกล่าวโดยไม่มีหลักฐานยืนยัน

3) *“เพราะเป็นเกลือที่เกิดจากกรดอ่อนกับเบสแก่”* แต่ยังระบุไม่ได้ว่าเป็นกรด-เบสชนิดใด

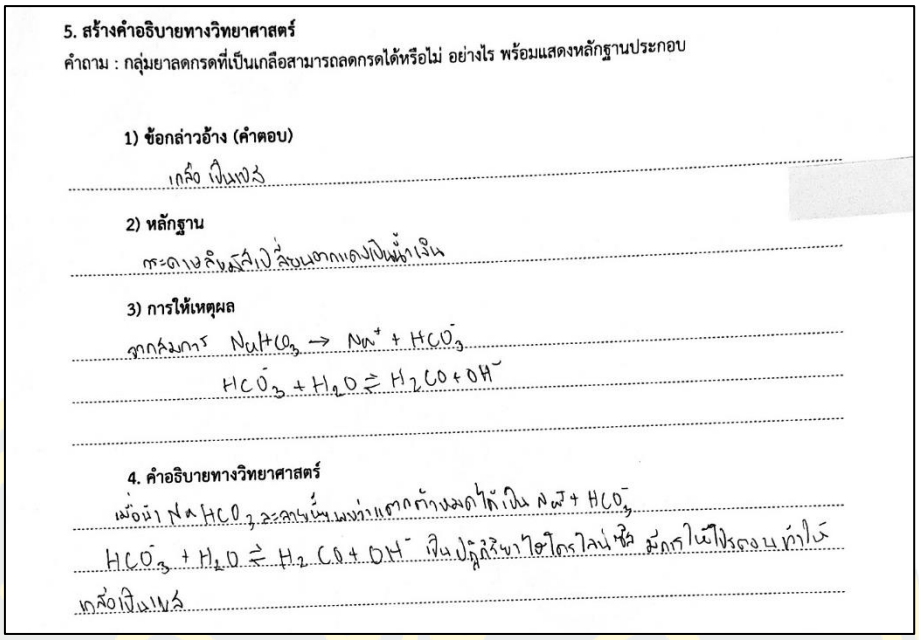
4) *“เกลือแตกตัวให้ไอออนที่เกิดปฏิกิริยากับน้ำแล้วได้ OH^-”* แต่ยังระบุไม่ได้ว่าไอออนชนิดใด และเกิด OH^- ได้อย่างไร

เนื่องจากนักเรียนได้ข้อมูลส่วนใหญ่จาก Chat gpt ซึ่งเป็นคำตอบที่กว้างแต่ยังไม่สามารถอธิบายถึงกระบวนการที่ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถตั้งคำถามเพื่อให้ได้คำตอบที่แคบลง ทำให้ยังไม่ได้หลักการที่สมบูรณ์ ครูจึงเปิดอภิปรายร่วมกัน โดยเริ่มจากประเด็นที่ 3) และใช้คำถามว่า “เราจะทราบได้อย่างไรว่าโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นเกลือที่เกิดจากกรดและเบสชนิดใด” ซึ่งนักเรียนไม่สามารถสรุปชนิดของกรดและเบสได้ ครูจึงทบทวนเรื่องปฏิกิริยาสะเทิน การเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมี และการแตกตัวของสารประกอบไอออนิก ทำให้นักเรียนทราบชนิดของกรดและเบสที่ทำให้เกิดเกลือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต และระบุว่าความเป็นเบสมาจากโซเดียมไอออน (Na^+) ซึ่งเป็นไอออนของเบสแก่ เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าสารละลายเกลือที่เป็นเบสเป็นผลมาจาก OH^- จากเบสแก่ ซึ่งเป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อน ครูจึงทบทวนปฏิกิริยาสะเทินอีกครั้งเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนคำตอบ และใช้คำถามกระตุ้นอีกครั้งว่า “นักเรียนคิดว่าไอออนในสารละลายจะแสดงสมบัติความเป็นเบสได้อย่างไร” และนำประเด็นที่ 1) ที่นักเรียนสืบค้นมาอภิปรายร่วม โดยครูนำเสนอแบบจำลองเพื่อแสดงไอออนในสารละลายกับอนุภาคของน้ำ และตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมเรื่องทฤษฎีกรดเบสของเบิร์นสเตด-ลาวรีมาใช้ในการเขียนสมการระหว่างไอออนของเกลือกับน้ำ จากนั้นให้เวลานักเรียนได้เขียนสมการและอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบข้อกล่าวอ้าง โดยมีครูคอยชี้แนะและสรุปหลักการของปฏิกิริยาระหว่างไอออนของเกลือกับน้ำ เรียกว่าปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพยายามที่จะใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายเพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง แต่ยังต้องอาศัยความรู้เดิมและความเข้าใจจากบทเรียนก่อนหน้า ครูจึงมีบทบาทเพิ่มขึ้นในการทบทวนและใช้การตั้งคำถามเป็นลำดับขั้นเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 4 ของนักเรียนดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 4 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

จากนั้น นักเรียนแต่ละคนทำใบกิจกรรมในข้อที่ 5 คือการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น เมื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุงลดลงจากร้อยละ 63.89 เหลือร้อยละ 54.84 ระดับดีเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27.78 เป็นร้อยละ 35.48 และระดับดีมากเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 8.33 เป็นร้อยละ 9.68 จะเห็นได้ว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีและดีมากเพิ่มขึ้น ระดับควรปรับปรุงลดลง โดยนักเรียนจำนวนครึ่งหนึ่งมีความสามารถในระดับควรปรับปรุงซึ่งเกิดความสับสนระหว่างข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้กับคำตอบเพื่อทดสอบสมมติฐาน จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า “เกลือเป็นเบส” ซึ่งเป็นการตอบคำถามเพื่อทดสอบสมมติฐาน แทนการตอบว่า “ยาลดกรดที่เป็นเกลือสามารถลดกรดได้ เนื่องจากเป็นเกลือเบส” โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 16


5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
คำถาม : กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือสามารถลดกรดได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)
เกลือเป็นเบส

2) หลักฐาน
กระดาษลิตมัสเปลี่ยนสีจากแดงเป็นน้ำเงิน

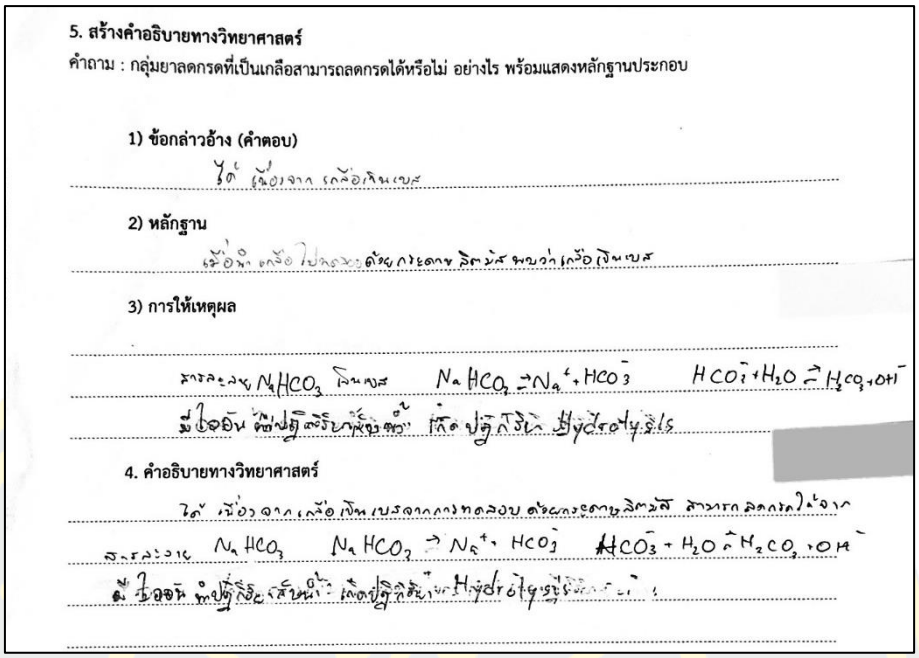
3) การให้เหตุผล
สมการ $NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$
$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO + OH^-$

4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
เมื่อนำ $NaHCO_3$ ละลายน้ำแตกตัวหมดได้เป็น $Na^+ + HCO_3^-$
$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO + OH^-$ เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส มีการให้โปรตอนทำให้เกลือเป็นเบส

ภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S13 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ระดับควรปรับปรุง

พิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S13 ระบุว่า *“เมื่อนำ $NaHCO_3$ ละลายน้ำ พบว่าแตกตัวหมดได้เป็น $Na^+ + HCO_3^-$, $HCO_3^- + H_2O$ <---> $H_2CO + OH^-$ เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส มีการให้โปรตอนทำให้เกลือเป็นเบส”* นั่นคือ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเกลือเป็นเบส แต่ไม่ตอบข้อกล่าวอ้างว่าสามารถลดกรดได้หรือไม่ จะเห็นได้ว่านักเรียนเกิดความสับสนระหว่างคำถามจากสถานการณ์กับสมมติฐานการทดลอง มีการระบุหลักฐานได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และไม่นำมาเขียนในข้อที่ 4) และสามารถให้เหตุผลโดยอาศัยหลักการปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแต่ยังไม่มีการเชื่อมโยงหลักการดังกล่าวกับองค์ประกอบอื่น อีกทั้งนักเรียนเขียนผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไม่ถูกต้อง : H_2CO จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 0 หรือควรปรับปรุง (0-2 คะแนน)

ทั้งนี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีเพิ่มขึ้นจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นร้อยละ 35.48 เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง สามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องโดยแสดงวิธีการทดสอบสารละลายเกลือด้วยกระดาษลิตมัสแต่ไม่แสดงผลของการทดสอบเพื่อเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง และยังพบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่มีการเชื่อมโยงกับหลักฐาน โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 17


5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือสามารถลดกรดได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

ได้ เนื่องจาก เกลือเป็นเบส

2) หลักฐาน

เมื่อนำ เกลือ ไปทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส พบว่าเกลือเป็นเบส

3) การให้เหตุผล

สารละลาย $NaHCO_3$ โดนเบส $NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$ $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

มีไอออน ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิด ปฏิกิริยา Hydrolysis

4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ได้ เนื่องจาก เกลือเป็นเบสจากการทดลอง ด้วยกระดาษลิตมัส สามารถลดกรดได้จาก

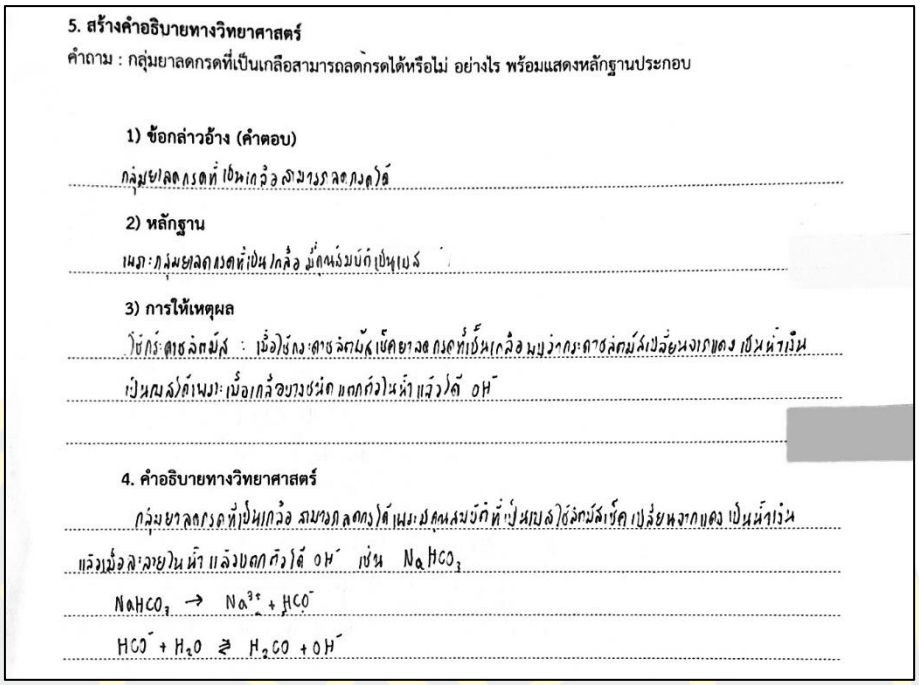
สารละลาย $NaHCO_3$ $NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$ $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

มี ไอออน ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดปฏิกิริยา Hydrolysis

ภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S04 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ระดับดี

พิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S04 ระบุว่า *“ได้ เนื่องจากเกลือเป็นเบส จากการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส สามารถลดกรดได้จากสารละลาย $NaHCO_3$, $NaHCO_3$ <---> $Na^+ + HCO_3^-$, $HCO_3^- + H_2O$ <---> $H_2CO_3 + OH^-$ มีไอออนทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดปฏิกิริยา Hydrolysis”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องว่า “ได้” แต่ยังไม่มีความสมบูรณ์ว่า “สามารถลดกรดได้” มีการอ้างถึงหลักฐานการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสแต่ไม่มีการแสดงผลการทดสอบ และมีการอธิบายความเป็นเบสของยาลดกรดประเภทเกลือโดยอ้างถึงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 1 หรือดี (3-4 คะแนน)

อย่างไรก็ตามในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนในระดับดีมากร้อยละ 9.68 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถให้หลักฐานได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถให้เหตุผลโดยอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและบางส่วนยังอธิบายหลักการได้ยังไม่สมบูรณ์ โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 18



5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือสามารถลดกรดได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือ สามารถลดกรดได้

2) หลักฐาน

เพราะกลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือ มีคุณสมบัติเป็นเบส

3) การให้เหตุผล

ใช้กระดาษลิตมัส : เมื่อใช้กระดาษลิตมัสเช็คยาลดกรดที่เป็นเกลือ พบว่ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนจากแดง เป็นน้ำเงิน

เป็นเบสได้เพราะเมื่อเกลือบางชนิด แตกตัวในน้ำแล้วได้ OH^-

4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือ สามารถลดกรดได้เพราะมีคุณสมบัติที่เป็นเบสใช้กระดาษลิตมัสเช็ค เปลี่ยนจากแดง เป็นน้ำเงิน

แล้วเมื่อละลายในน้ำ แล้วแตกตัวได้ OH^- เช่น $NaHCO_3$

$NaHCO_3 \rightarrow Na^{3+} + HCO^-$

$HCO^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO + OH^-$

ภาพที่ 18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S25 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ระดับดีมาก

พิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S25 ที่ระบุว่า *“กลุ่มยาลดกรดที่เป็นเกลือสามารถลดกรดได้ เพราะมีคุณสมบัติที่เป็นเบสใช้กระดาษลิตมัสเช็คเปลี่ยนจากแดงเป็นน้ำเงินแล้วเมื่อละลายในน้ำแล้วแตกตัวได้ OH^- เช่น $NaHCO_3$, $NaHCO_3$ --> $Na^{3+} + HCO^-$, $HCO^- + H_2O$ <---> $H_2CO + OH^-$”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ มีการกล่าวถึงหลักฐานแสดงความเป็นเบสของเกลือ $NaHCO_3$ ซึ่งสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ เมื่อพิจารณาสมการเคมี พบว่า นักเรียนเขียนสูตรเคมีไม่ถูกต้อง ทำให้สมการเคมีไม่สมบูรณ์ แต่มีการอธิบายการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสซึ่งเป็นเหตุผลที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงความเป็นเบสของสารละลายเกลือที่เป็นองค์ประกอบของยาลดกรดได้ จึงจัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับ 2 หรือดีมาก (5-6 คะแนน)

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นเพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดได้ตั้งแต่ครูนำเสนอสถานการณ์ มีการอธิบายผ่านแบบจำลองเบื้องต้นในระดับมหาภาคโดยแสดงในลักษณะวิธีการทดสอบความเป็นเบส แต่มีนักเรียนบางส่วนสร้างแบบจำลองระดับจุลภาคที่แสดงถึงอนุภาคของ H^+ และ OH^- ที่สามารถอธิบายความเป็นกรด-เบสได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงถึงความเข้าใจและอธิบายคำตอบเป็นรูปธรรมมากขึ้น นักเรียนบางส่วนเกิดความลังเล

คำตอบของตนจากการใช้คำถามของครูเพื่อให้เกิดความอยากรู้และพิสูจน์คำตอบที่เกิดจากความรู้หรือความเชื่อเดิม แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสนใจเพื่อจะหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ สามารถสร้างสมมติฐานและออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานได้ เนื่องจากเป็นการทดลองที่ง่ายและนักเรียนคุ้นเคยอยู่แล้วทำให้นักเรียนปฏิบัติในขั้นตอนนี้ได้ง่ายและเร็วขึ้น ทั้งนี้นักเรียนบางส่วนมีการสืบเสาะจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือจากการทดลองแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสนใจที่จะอธิบายข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นจึงนำมาเขียนเป็นข้อมูลหนึ่งในขั้นตอนการค้นหาหลักฐาน และสามารถเลือกข้อมูลมาใช้เป็นหลักฐานได้อย่างถูกต้อง ทั้งยังนำข้อมูลที่สืบเสาะได้มาใช้เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ถูกต้อง จากการพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบได้ดีขึ้นโดยมีการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้มีใจความเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนอีกจำนวนมากที่ยังไม่สามารถเขียนอธิบายเพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้มโนทัศน์เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบสในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกัน ผู้วิจัยจึงออกแบบการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งหมายความว่านักเรียนจะต้องมีความรู้และมโนทัศน์จากบทเรียนก่อนหน้ารวมทั้งความรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้แก่ พันธะไอออนิก ซึ่งมีผลต่อความเข้าใจเกี่ยวกับการแตกตัวของสารประกอบของเกลือไอออนิกเมื่อละลายน้ำ นักเรียนส่วนใหญ่จึงยังไม่สามารถเขียนสมการได้ถูกต้อง ครูจึงมีบทบาทในการทบทวนความรู้และมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนการสร้างเหตุผล/ข้อโต้แย้งจึงใช้เวลามากขึ้น ผู้วิจัยจึงควรปรับปรุงเพื่อพัฒนาในแผนถัดไปดังนี้

1. เนื่องจากนักเรียนต้องใช้ความรู้เดิมค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงควรลำดับขั้นตอนการทบทวนความรู้เดิมให้เหมาะสมหรือใช้สื่อประกอบการอธิบายเพื่อให้ง่ายและมีความเข้าใจที่รวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์

2. ครูควรตรวจสอบและเน้นย้ำองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบให้นักเรียนเข้าใจเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์มากขึ้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อนุทินที่ให้นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามว่า “กิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติช่วยสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 : *“ช่วยได้ เพราะ กิจกรรมที่ได้ทำเป็นตัวจุดประกายความคิด ทำให้สามารถเริ่มตั้งคำถาม/ข้อสงสัย และหาคำตอบได้”*

นักเรียน 2 : *“ได้ เพราะได้ทดสอบด้วยตนเองและเห็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงจากการทดลอง”*

นักเรียน 3 : *“ได้ เพราะเป็นการทดลองจากการนำความรู้เรื่องทฤษฎีกรดเบสมาใช้”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าหากนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และการมีความรู้เดิมจะทำให้สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า “แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ช่วยสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร”

นักเรียน 1 : *“ช่วยได้ เพราะ เป็นตัวเริ่มต้นของการวิเคราะห์ว่าผลจะเป็นอย่างไร”*

นักเรียน 2 : *“ช่วยได้ เพราะสามารถทำให้ได้เห็นภาพหลังจากการทดลองมากขึ้น”*

นักเรียน 3 : *“ได้ ทำให้เข้าใจค่าความเป็นกรดเบสได้เข้าใจง่ายมากขึ้น”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าการสร้างแบบจำลองส่งผลให้นักเรียนเห็นภาพและสามารถวิเคราะห์กระบวนการภายในที่เกิดขึ้นเพื่อสนับสนุนผลการทดลองที่นักเรียนสังเกตได้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำถามอีกว่า “ขั้นใดของกิจกรรมที่นักเรียนคิดว่ายากที่สุด เพราะเหตุใด” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 :*“ขั้นตอนการสร้างเหตุผลเพราะต้องหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยา”*

นักเรียน 2 : *“เขียนสมการเคมี เพราะ เขียนไม่เป็น”*

นักเรียน 3 : *“การให้เหตุผล เพราะยังต้องให้ครูเป็นคนช่วยอธิบาย”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าขั้นตอนการสร้างเหตุผลเป็นขั้นตอนที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ รวมทั้งทักษะการเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและเชื่อมโยงกับหลักฐานที่นักเรียนค้นพบ นักเรียนจึงรู้สึกว่ามีความยากลำบากในการเรียนรู้ในขั้นตอนดังกล่าว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง อินดิเคเตอร์ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้

1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตการศึกษาและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตดังกล่าว โดยใช้สถานการณ์ “อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ” เพื่อการศึกษาการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมกับการไทเทรต โดยชนิดของอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตที่ศึกษา ได้แก่ อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดอ่อนกับเบสแก่

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

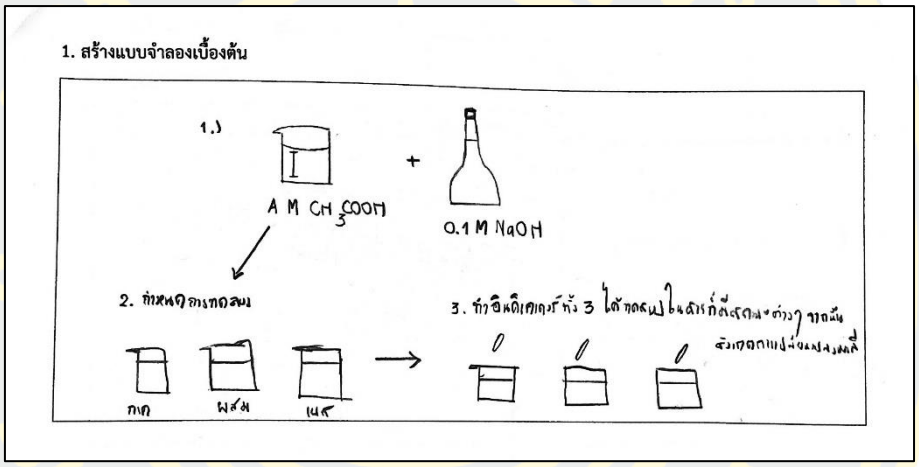
ครูทบทวนการเขียนสมการปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ความหมายของจุดสมมูล จุดยุติ และอธิบายเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณสารจากการไทเทรต จากนั้นนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 3 เรื่อง “อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ” เมื่อนักเรียนได้ทำความเข้าใจสถานการณ์แล้วจึงให้นักเรียนร่วมกันระบุข้อกล่าวอ้างจากคำถามของสถานการณ์ว่า “นักวิทยาศาสตร์ท่านนี้ควรเลือกใช้อินดิเคเตอร์จากดอกไม้ชนิดใดในการไทเทรตกรดอะซีติกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพราะเหตุใด พร้อมหลักฐานประกอบ” โดยครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเรื่อง การเกิดปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ซึ่งนักเรียนสามารถตอบได้ว่าสารละลายหลังการสะเทินจะมีสมบัติเป็นเบส โดยนักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายโดยใช้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอธิบายความเป็นเบสของสารละลายได้ และนักเรียนบางส่วนสามารถบอกได้แค่ว่า *“กรดอ่อนกับเบสแก่จะได้สารละลายเป็นเบส”* จากนั้นครูนำเสนอการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ดอกอัญชัน ดอกกระเจี๊ยบ และดอกบานไม่รู้โรย โดยไม่ระบุช่วง pH ที่มีการเปลี่ยนสี โดยครูเชื่อมโยงประสบการณ์ในชีวิตประจำของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ ได้แก่ น้ำอัญชัน มะนาว เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับการทำงานของอินดิเคเตอร์ จากนั้นให้นักเรียนคาดเดาคำตอบจากดอกไม้ทั้ง 3 ชนิด ผลที่ได้คือ มีนักเรียนคนหนึ่งได้วิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันและนำเสนอความคิดเห็น ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างบทสนทนา ดังนี้

นักเรียน : ผมคิดว่าไม่ดอกกระเจี๊ยบก็ดอกบานไม่รู้โรยครับ

ครู : ทำไมถึงคิดเช่นนั้น

นักเรียน : เพราะดอกอัญชันผสมมะนาวแล้วทำให้สีเปลี่ยน แล้วมะนาวเป็นกรด แต่ CH_3COOH กับ NaOH ผสมกันเป็นเบส จึงไม่น่าใช้อัญชันครับ

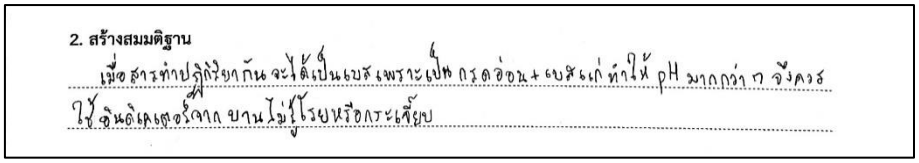
จากบทสนทนาแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ว่าอัญชันมีการเปลี่ยนสีในสารละลายที่เป็นกรดจึงไม่เหมาะกับการนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ของสารละลายที่เป็นเบส และกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายคำตอบของกลุ่มตนเองให้ออกมาในลักษณะของแบบจำลอง ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงแบบจำลองออกมาในรูปแบบของวิธีการทดสอบ ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 1 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

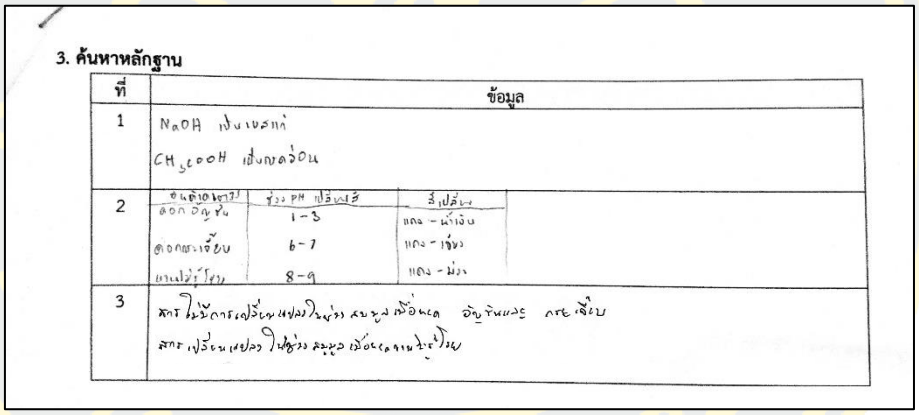
หลังจากที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้น ผู้วิจัยตั้งประเด็นให้นักเรียนหาวิธีการพิสูจน์คำตอบหรือข้อกล่าวอ้างนั้น จากขั้นตอนที่แล้วนักเรียนได้วิเคราะห์การเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมจากการยกตัวอย่างของครู ทำให้นักเรียนคนอื่นเห็นแนวทางการเลือกอินดิเดเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดอ่อนกับเบสแก่ จึงทำให้นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบเพื่อพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์ ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 2 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

เนื่องจากนักเรียนแสดงแบบจำลองในลักษณะของวิธีการทดสอบครูจึงนำแบบจำลองของนักเรียนมาอภิปรายการทดลองเพื่อให้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนให้เรียนรู้ได้ตรงตามขอบเขตและจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาจึงกำหนดวิธีการทดสอบสมมติฐานร่วมกัน โดยครูแจกใบความรู้เพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดที่ช่วง pH ต่าง ๆ และทำการสาธิตแทนปฏิบัติการทดลองเพื่อลดระยะเวลาในขั้นตอนค้นหาหลักฐาน พบว่านักเรียนสามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนและถูกต้อง แต่บางกลุ่มยังต้องมีครูชี้แนะการหาหลักฐานเพิ่มเติมเพื่อตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการค้นหาหลักฐานของนักเรียนกลุ่มดังกล่าวดังภาพที่ 21 จะเห็นได้ว่า นักเรียนบันทึกข้อมูลอย่างหลากหลายโดยมีข้อมูลที่เป็นความรู้เดิมของนักเรียน ข้อมูลจากใบความรู้ และข้อมูลที่สังเกตได้จากการสาธิตของครู

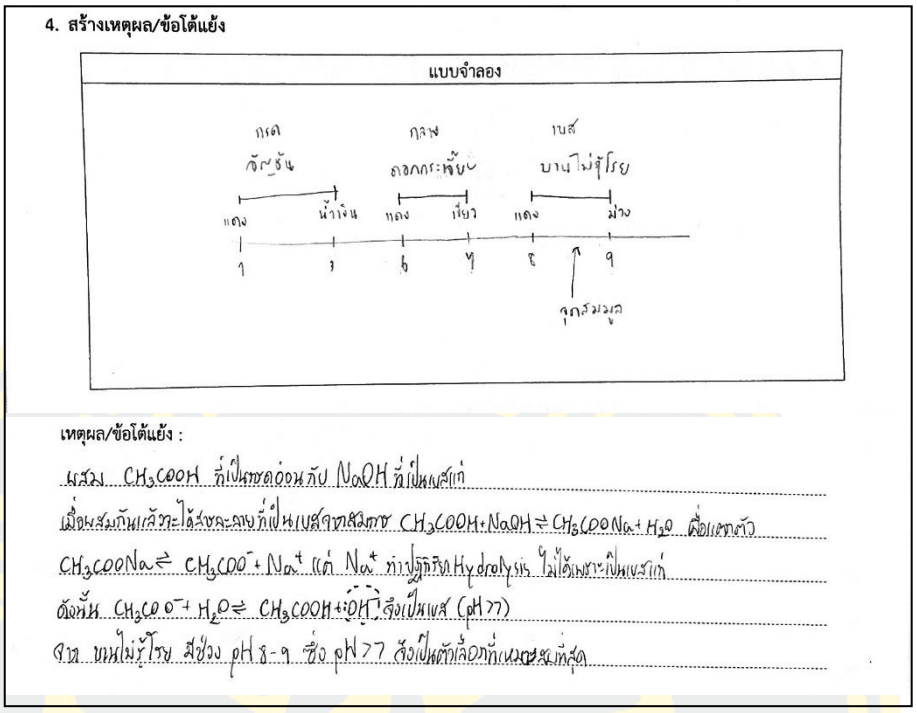

3. ค้นหาหลักฐาน

ที่	ข้อมูล
1	NaOH เป็นเบสแก่ CH_3COOH เป็นกรดอ่อน
2	ช่วง pH เปลี่ยนสี / สีเปลี่ยน ดอกอัญชัน: 1-3 แดง-น้ำเงิน ดอกกระเจี๊ยบ: 6-7 แดง-เหลือง แกนไม้รู้โรง: 8-9 แดง-ม่วง
3	สาร[illegible]เปลี่ยนสีมากในช่วง สมบูรณ์เมื่อ[illegible] อัญชันและ กระเจี๊ยบ สาร[illegible]เปลี่ยนสีมากในช่วง สมบูรณ์เมื่อ[illegible]

ภาพที่ 21 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

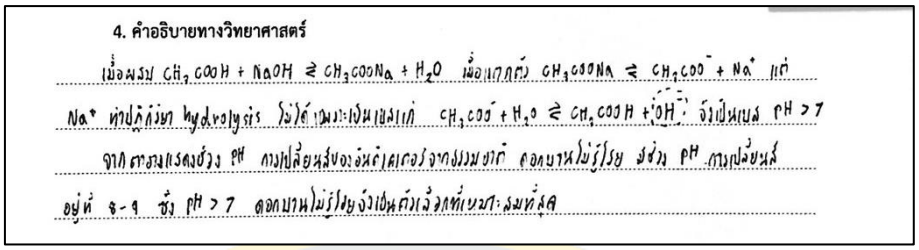
ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

ครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสอดคล้องของสมมติฐานกับแบบจำลองของกลุ่มตนเองและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายคำตอบจากสถานการณ์ นักเรียนบางกลุ่มมีการเปลี่ยนแบบจำลองที่แสดงออกจากวิธีการทดสอบเป็นแบบจำลองที่สามารถแสดงถึงความคิดต่อสถานการณ์ที่ครูกำหนดได้ สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและการอธิบายถึงการเลือกอินดิเคเตอร์ได้อย่างถูกต้อง แสดงตัวอย่างการสร้างเหตุผล/ข้อโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มดังกล่าวดังภาพที่ 22 ทั้งนี้ครูมีบทบาทในการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเรื่องจุดสมมูลและจุดยุติให้สมบูรณ์มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากนักเรียนต้องใช้ความรู้เดิมเรื่องปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสร่วมด้วยทำให้นักเรียนบางคนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนต้องเรียนรู้ซ้ำจึงทำให้นักเรียนอธิบายไม่ครอบคลุมขอบเขตที่ครูต้องการให้เป็นประเด็นสำคัญของการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้



ภาพที่ 22 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 4 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

จากนั้น นักเรียนแต่ละคนทำใบกิจกรรมในข้อที่ 5 คือการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น เมื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุงลดลงจากร้อยละ 54.84 เหลือเพียงร้อยละ 10.81 ระดับดีเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 35.48 เป็นร้อยละ 56.76 และระดับดีมากเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 9.68 เป็นร้อยละ 32.43 จะเห็นได้ว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีและดีมากเพิ่มขึ้นและระดับควรปรับปรุงลดลง โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับดี ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง สามารถระบุหลักฐานที่แสดงถึงช่วงการเปลี่ยนสีหรือจุดยุติของอินดิเคเตอร์ได้อย่างถูกต้องพร้อมทั้งสามารถเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างสมบูรณ์ และยังพบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลได้อย่างละเอียดโดยอธิบายถึงสมบัติของสารละลายหลังการผสมกรดและเบสจากความรู้เรื่องปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่ยังไม่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของจุดสมมูลและจุดยุติที่ชัดเจนซึ่งเป็นใจความสำคัญของหลักการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 23

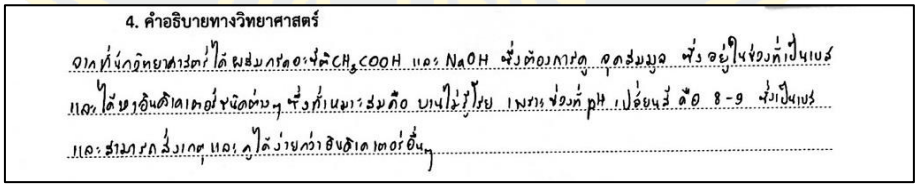

4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เมื่อผสม $CH_3COOH + NaOH \rightleftarrows CH_3COONa + H_2O$ เมื่อแตกตัว $CH_3COONa \rightleftarrows CH_3COO^- + Na^+$ แต่ Na^+ ทำปฏิกิริยา Hydrolysis ไม่ได้เพราะเป็นเบสแก่ $CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$ จึงเป็นเบส pH > 7 จากตารางแสดงช่วง pH การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ ดอกบานไม่รู้โรย มีช่วง pH การเปลี่ยนสีอยู่ที่ 8-9 ซึ่ง pH > 7 ดอกบานไม่รู้โรยจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด

ภาพที่ 23 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S25 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ระดับดี

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S25 ที่อธิบายว่า *“เมื่อผสม $CH_3COOH + NaOH$ <---> $CH_3COONa + H_2O$ เมื่อแตกตัว CH_3COONa <---> $CH_3COO^- + Na^+$ แต่ Na^+ ทำปฏิกิริยา Hydrolysis ไม่ได้เพราะเป็นเบสแก่ $CH_3COO^- + H_2O$ <---> $CH_3COOH + OH^-$ จึงเป็นเบส pH > 7 จากตารางแสดงช่วง pH การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ ดอกบานไม่รู้โรย มีช่วง pH การเปลี่ยนสีอยู่ที่ 8-9 ซึ่ง pH > 7 ดอกบานไม่รู้โรยจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเลือกอินดิเคเตอร์ที่มีช่วงการเปลี่ยนสีให้เหมาะสมกับ pH ของสารละลายโดยแสดงหลักฐานที่ถูกต้องสมบูรณ์แต่ยังไม่มีการกล่าวถึงจุดสมมูลและจุดยุติที่ชัดเจน จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 1 หรือดี (3-4 คะแนน)

อีกทั้งในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีนักเรียนในระดับดีมากเพิ่มขึ้นจากแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้าเป็นร้อยละ 32.43 เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถให้หลักฐานได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถให้เหตุผลโดยอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 24


4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

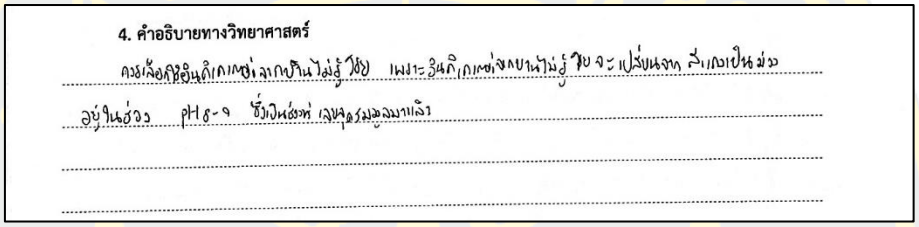
จากที่นักวิทยาศาสตร์ได้ ผสมกรดอะซีติก CH_3COOH และ NaOH ซึ่งต้องการดู จุดสมมูล ซึ่ง อยู่ในช่วงที่เป็นเบส และได้หาอินดิเคเตอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งที่เหมาะสมคือ บานไม่รู้โรย เพราะช่วงที่ pH เปลี่ยนสี คือ 8-9 ซึ่งเป็นเบส และสามารถสังเกตุ และดูได้ง่ายกว่าอินดิเคเตอร์อื่นๆ

ภาพที่ 24 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S16 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ระดับดีมาก

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S16 ที่อธิบายว่า *“จากที่นักวิทยาศาสตร์ได้ผสมกรดอะซีติก CH_3COOH และ NaOH ซึ่งต้องการดูจุดสมมูล ซึ่งอยู่ในช่วงที่เป็นเบส และได้หาอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งที่เหมาะสมคือ บานไม่รู้โรย เพราะช่วงที่ pH เปลี่ยนสีคือ 8-9 ซึ่งเป็นเบสและสามารถสังเกตและดูได้ง่ายกว่าอินดิเคเตอร์อื่น ๆ”* จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการอธิบายถึงจุดสมมูลที่ส่งผลต่อการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาช่วง pH การเปลี่ยนสี มีการระบุหลักฐานได้

ถูกต้องและชัดเจน จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 2 หรือดีมาก (5-6 คะแนน) อย่างไรก็ตามนักเรียนอาจยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการไทเทรตเนื่องจากเลือกใช้คำว่า “ผสม” แทนคำว่า “ไทเทรต”

นอกจากนี้ นักเรียนในระดับควรปรับปรุง (ระดับ 0) ลดลงจากร้อยละ 54.84 เหลือเพียงร้อยละ 10.81 เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์ แต่มีการใช้หลักฐานและให้เหตุผลโดยใช้หลักการที่ยังไม่ถูกต้องและชัดเจน โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 25


4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ควรเลือกใช้อินดิเคเตอร์จากบานไม่รู้โรย เพราะอินดิเคเตอร์จากบานไม่รู้โรยจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นม่วง

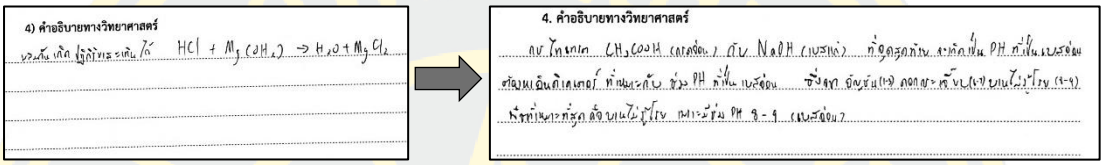
อยู่ในช่วง pH 8-9 ซึ่งเป็นช่วงที่เลยจุดสมมูลมาแล้ว

ภาพที่ 25 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S31 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ระดับควรปรับปรุง

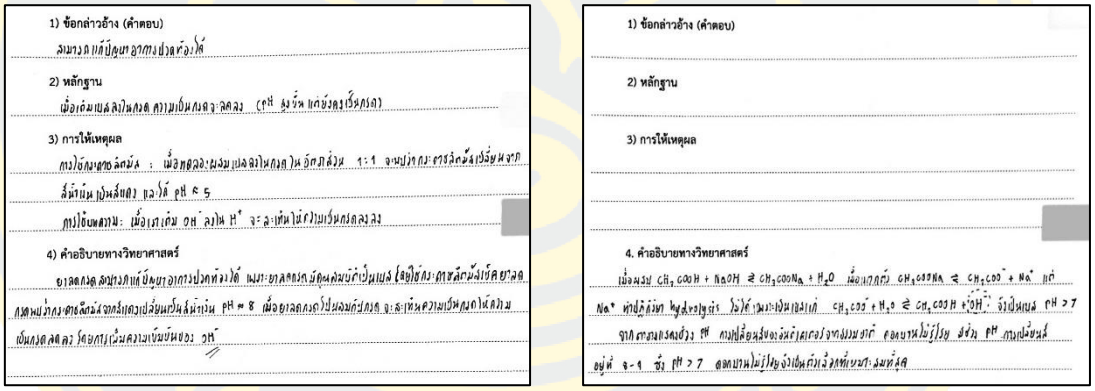
พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S31 ที่อธิบายว่า *“ควรเลือกใช้อินดิเคเตอร์จากบานไม่รู้โรย เพราะอินดิเคเตอร์จากบานไม่รู้โรยจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นม่วงอยู่ในช่วง pH 8-9 ซึ่งเป็นช่วงที่เลยจุดสมมูลมาแล้ว”* จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการระบุการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมได้ มีการระบุหลักฐานที่ไม่ชัดเจนและเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผลไม่ถูกต้อง จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 0 หรือควรปรับปรุง (0-2 คะแนน)

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนบางคนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อระบุข้อกล่าวอ้างจากการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่ศึกษากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ครูยกตัวอย่าง นักเรียนส่วนใหญ่จึงสามารถสร้างสมมติฐานได้ก่อนสร้างแบบจำลองทำให้ลักษณะของแบบจำลองเป็นการแสดงถึงวิธีการทดสอบสมมติฐานแทนที่จะเป็นแบบจำลองที่แสดงถึงความเข้าใจของตนเองเพื่ออธิบายคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนด และเนื่องจากนักเรียนไม่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์จากดอกไม้ทั้ง 3 ชนิดจึงทำให้ไม่สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ทั้งนี้นักเรียนมีการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อระบุข้อกล่าวอ้างแสดงถึงความกระตือรือร้นที่จะสืบเสาะและหาคำตอบจากสถานการณ์ที่มีประสบการณ์เดิมเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์ขึ้น มีการเชื่อมโยงทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลได้อย่างเหมาะสม ภาพที่

26 แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S21 จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 3 และยังพบอีกว่านักเรียนบางคนที่สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้โดยไม่เขียนข้อที่ 1) ถึง 3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ครูออกแบบมาเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายได้ดีขึ้น ภาพที่ 27 แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S25 จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 3 แสดงให้เห็นว่าความเข้าใจในองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีผลต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน



ภาพที่ 26 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S21 จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 3



ภาพที่ 27 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน S25 จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 3

ผู้วิจัยยังพบอีกว่านักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่องหลักการไทเทรต เนื่องจากนักเรียนให้ความสำคัญกับการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมกับสารละลายที่จุดสมมูลมากกว่าการเลือกอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรต เนื่องจากครูเน้นจุดสมมูลของการไทเทรตและสาธิตโดยการผสมสารที่จุดสมมูลเพื่อเลือกอินดิเคเตอร์แทนการไทเทรตเพื่อพิจารณาจุดสมมูลจากอินดิเคเตอร์ ซึ่งเป็นประเด็นคลาดเคลื่อนเล็กน้อยแต่อาจทำให้นักเรียนยังไม่เห็นความสำคัญและนึกภาพกระบวนการไทเทรตได้ไม่ดีเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงควรปรับปรุงเพื่อพัฒนาต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยควรทบทวนหลักการไทเทรตและเน้นย้ำเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจุดสมมูลและจุดยุติที่มีความสำคัญต่อเทคนิคการไทเทรตในบทเรียนถัดไป
2. ผู้วิจัยควรให้ระยะเวลาในการค้นหาหลักฐานให้มากขึ้นเมื่อเป็นการทดลอง

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อนุทินที่ให้นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามว่า “กิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติช่วยสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 : *“ได้ เพราะ เป็นการหาคำตอบจากการทดลองมาอธิบายว่าทำไมอินดิเคเตอร์นั้นถึงเหมาะสมกับการทดลอง”*

นักเรียน 2 : *“ช่วยได้ เพราะ เป็นการรวบรวมข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์”*

นักเรียน 3 : *“ได้ เพราะ สามารถบอกได้ว่าทำไมการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมจึงสำคัญกับการไทเทรตระหว่างกรด-เบส”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าหากนักเรียนได้มีการหาคำตอบจากการทดลองหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนคาดเดาขึ้นและหาหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเพื่อยืนยันคำตอบนั้น จะทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำถามอีกว่า “ขั้นใดของกิจกรรมที่นักเรียนคิดว่ายากที่สุด เพราะเหตุใด” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 :*“สร้างเหตุผล เพราะจำเป็นต้องใช้หลาย ๆ ปัจจัยมาช่วยเหลือ”*

นักเรียน 2 : *“สร้างเหตุผล เพราะคิดไม่ออก เรียบเรียงไม่ถูก”*

นักเรียน 3 : “การสร้างเหตุผลเพราะต้องหาเหตุผลมา Support กับสิ่งที่ทดลองโดยต้องรวบรวมข้อมูลจากหลายหลายแหล่ง”

นักเรียน 4 : *“สร้างแบบจำลอง เพราะยังนึกภาพไม่ค่อยออก”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าการสร้างแบบจำลองและการให้เหตุผลยังเป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีความยากลำบากในการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อเรียบเรียงและเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ผ่านการเขียนอธิบายซึ่งเป็นรูปแบบการสื่อสารที่นักเรียนมีโอกาสฝึกฝนได้น้อย และหากนักเรียนไม่มีมโนทัศน์หรือความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ก็จะไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง การไทเทรตกรด-เบส โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้

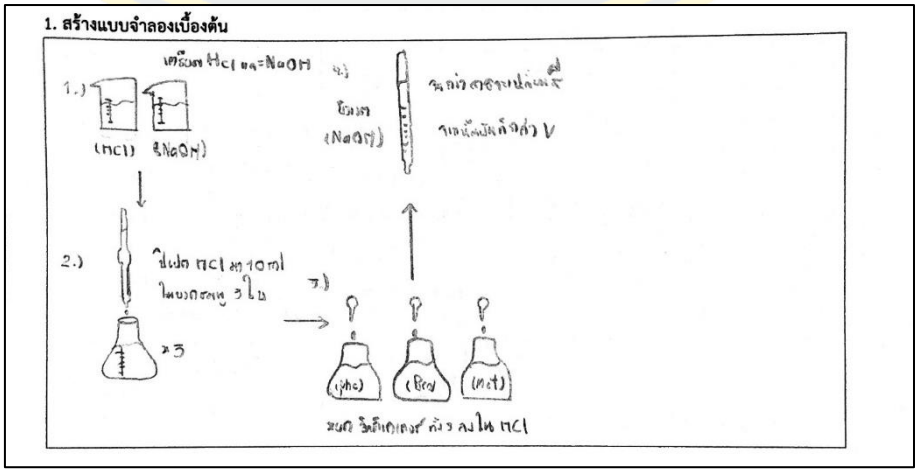
1) การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตการศึกษาและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตดังกล่าว โดยใช้สถานการณ์ “วิเคราะห์ปริมาณกรดในน้ำยาล้างห้องน้ำ” เพื่อการศึกษาอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ และวิเคราะห์หาความเข้มข้นของน้ำยาล้างห้องน้ำตัวอย่างจากสารละลายมาตรฐาน

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

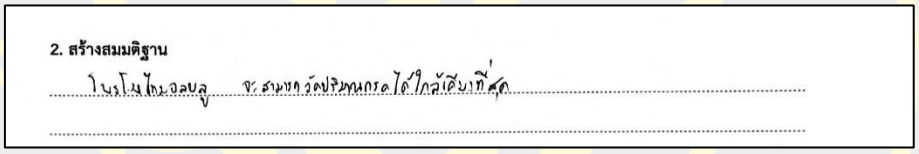
ครูทบทวนความสัมพันธ์ของจุดยุติและจุดสมมูล รวมถึงการคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ จากนั้นอธิบายหลักการและสาธิตเทคนิคการไทเทรต จากนั้นนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 4 เรื่อง “วิเคราะห์ปริมาณกรดในน้ำยาล้างห้องน้ำ” โดยมีประเด็นคำถามว่า “หากนักเรียนต้องการวิเคราะห์ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในตัวอย่างน้ำยาล้างห้องน้ำโดยวิธีการไทเทรตนักเรียนสามารถใช้อินดิเคเตอร์ชนิดใดจึงจะเหมาะสม เพราะเหตุใด พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ” เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยเบื้องต้นนักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องบางส่วน และเมื่อพิจารณาแบบจำลองพบว่านักเรียนมีการสร้างแบบจำลองโดยแสดงขั้นตอนการไทเทรตเพื่อตรวจสอบข้อกล่าวอ้างที่ระบุไว้ข้างต้น ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 1 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

หลังจากที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้น ผู้วิจัยตั้งประเด็นให้นักเรียนหาวิธีการพิสูจน์คำตอบหรือข้อกล่าวอ้างนั้นเพื่อทำการทดสอบในขั้นตอนถัดไป พบว่านักเรียนมีการตั้งสมมติฐานที่เฉพาะเจาะจง เนื่องจากนักเรียนมั่นใจในข้อกล่าวอ้างของตนเองทำให้การตั้งสมมติฐานไม่มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบแต่เป็นการตอบคำถามอย่างเจาะจง หากผลการทดลองนั้นขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก็จะไม่สามารถปรับปรุงหรือใช้สมมติฐานเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และแปลผลการทดลองได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังตั้งสมมติฐานไม่ครอบคลุมกระบวนการและอาจยังไม่เห็นความสำคัญของสมมติฐานได้ดีเท่าที่ควร ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการสร้างสมมติฐานของนักเรียนดังภาพที่ 29 เนื่องจากการตั้งสมมติฐานของนักเรียนไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงใช้คำถามชี้แนะเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบสมมติฐานอีกครั้งและใช้คำถามเพื่อกำหนดเป้าหมายการทดลองร่วมกัน

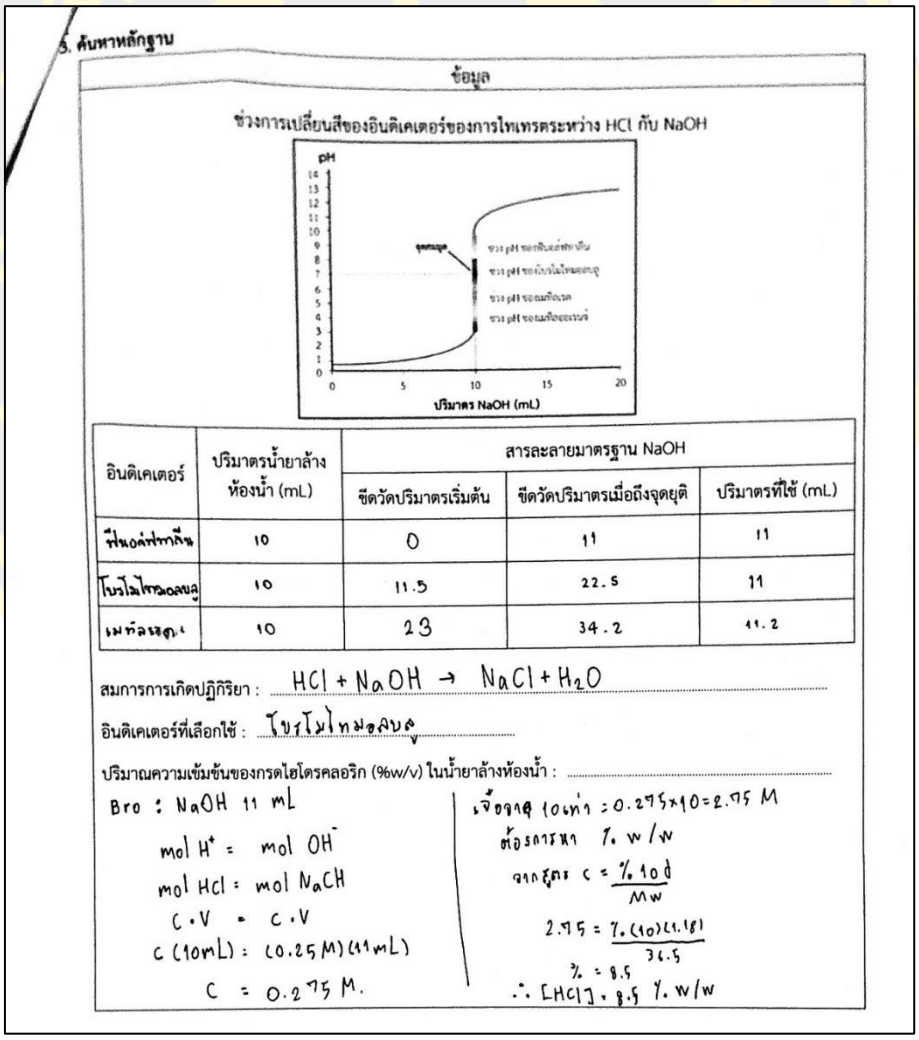


ภาพที่ 29 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 2 ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

นักเรียนและครูได้ร่วมกันออกแบบขั้นตอนการตรวจสอบสมมติฐาน สิ่งที่นักเรียนต้องบันทึกผลการทดลอง รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลอง หลังจากนักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองไทเทรตเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของสารมาตรฐาน ในการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรต และหาความเข้มข้นของกรดในน้ำยาล้างห้องน้ำตัวอย่าง พบว่านักเรียนสามารถทำการทดลองได้ถูกต้องโดยมีครูเป็นผู้ช่วยชี้แนะกระบวนการทดลองเนื่องจากเป็นการทดลองที่ใหม่สำหรับนักเรียน มีการใช้อุปกรณ์ที่นักเรียนไม่เคยใช้มาก่อน รวมถึงเทคนิคการไทเทรตเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำเป็นเรื่องค่อนข้างยากลำบากสำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติในครั้งแรกทำให้ใช้เวลาในการปฏิบัตินานขึ้น อีกทั้งยังพบว่าอีกว่านักเรียนบางคนติดเล่นและไม่ทราบว่ากำลังทำการทดลองเพื่อศึกษาเรื่องใดเนื่องจากการทดลองที่เป็นการสังเกตการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ทำให้นักเรียนมีความสนใจอย่างมากและต้องการปฏิบัติให้ได้สีของสารละลายที่ตรงตามทฤษฎีจึงทำซ้ำหลายครั้งจนทำให้บางคนลืมจุดประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้ อีกทั้งนักเรียนไม่สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของกรดในน้ำยา

ล้างห้องน้ำตัวอย่างได้ด้วยตนเอง ครูจึงมีบทบาทอย่างมากในการชี้แนะขั้นตอนการคำนวณ และยังพบอีกว่านักเรียนบางส่วนไม่สามารถคำนวณได้เลย เมื่อสอบถามพบว่านักเรียนไม่ทราบว่าต้องเริ่มต้นคำนวณอย่างไร ถึงแม้ว่าครูจะทบทวนการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณในเรื่องนี้แล้วก็ตาม จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่าการคำนวณจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยออกแบบมีการคำนวณหลายขั้นตอนและซับซ้อนสำหรับนักเรียนที่ไม่คุ้นเคยในการใช้ทักษะการคำนวณมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ครูจึงยกตัวอย่างการคำนวณอย่างละเอียดโดยใช้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ศึกษาจึงจะทำให้นักเรียนสามารถเลียนแบบขั้นตอนและสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงตัวอย่างขั้นตอนการค้นหาหลักฐานดังภาพที่ 30

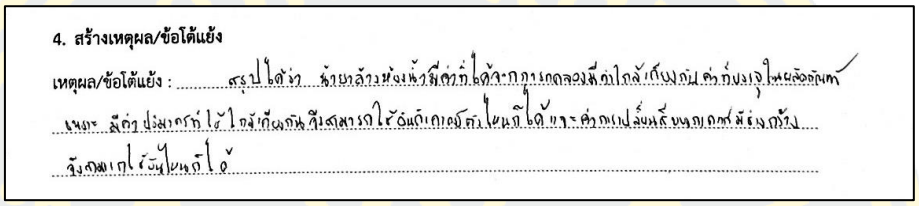


ภาพที่ 30 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

หลังจากที่นักเรียนได้ค้นหาหลักฐานแล้วครูจึงเปิดอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้องโดยนักเรียนเลือกอินดิเคเตอร์เพียงชนิดเดียว เนื่องจากการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่สามารถใช้อินดิเคเตอร์ได้หลายชนิดซึ่งเป็นมโนทัศน์เพิ่มเติมจากบทเรียนก่อนหน้าที่นักเรียนเข้าใจว่าอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมจะต้องมีจุดยุติที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากที่สุด แต่เนื่องจากการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่มีการเปลี่ยนแปลง pH ช่วงสมมูลอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นช่วงที่กว้างจึงมีอินดิเคเตอร์หลายชนิดที่มีการเปลี่ยนสี (จุดยุติ) ในช่วงดังกล่าว ทำให้จุดยุติของอินดิเคเตอร์เหล่านั้นให้ปริมาตรของสารมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตใกล้เคียงกับปริมาตรที่จุดสมมูล ซึ่งอินดิเคเตอร์ที่ผู้วิจัยกำหนดเป็นตัวเลือกนั้นสามารถใช้ในการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ได้ทั้ง 3 ชนิด จึงส่งผลให้ปริมาตรของสารมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตมีความใกล้เคียงกันมาก ซึ่งผู้วิจัยขอแสดงเหตุผลสองประการที่ทำให้เกิดข้อโต้แย้งขึ้นในการอภิปราย ประการแรกนักเรียนมีเป้าหมายในการเลือกอินดิเคเตอร์เพียงชนิดเดียวคือชนิดที่ให้ปริมาตรของสารมาตรฐานใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดเพราะเมื่อนำปริมาตรไปคำนวณหาความเข้มข้นของกรดในน้ำยาล้างห้องน้ำตัวอย่างจะได้ค่าที่แม่นยำที่สุด ประการที่สองคือการไทเทรตเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่นักเรียนไม่เคยปฏิบัติมาก่อนอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลองอันเนื่องมาจากผู้ทำการทดลอง (Human error) ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกอินดิเคเตอร์แตกต่างกัน บางกลุ่มได้ผลการทดลองที่สามารถสนับสนุนสมมติฐานแต่หลายกลุ่มขัดแย้งกับสมมติฐาน ครูจึงกำหนดเป็นประเด็นอภิปรายเกี่ยวกับหลักการและเหตุผลในการเลือกอินดิเคเตอร์เนื่องจากนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจากบทเรียนก่อนหน้าว่าอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตที่เหมาะสมคืออินดิเคเตอร์ที่มีจุดยุติใกล้เคียงกับจุดสมมูลทำให้นักเรียนมั่นใจว่าอินดิเคเตอร์ที่นักเรียนระบุไว้เป็นข้อกล่าวอ้างนั้นถูกต้อง แต่เมื่อผลการทดลองไม่สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้และนักเรียนมีหลักฐานไม่เพียงพอจึงไม่สามารถอธิบายผลการทดลองที่แตกต่างกันได้ เนื่องจากผู้วิจัยมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการวิจัยจากกิจกรรมของโรงเรียนผู้วิจัยจึงลดขั้นตอนการค้นหาหลักฐานเพิ่มเติมโดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับกราฟแสดงการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่เทียบกับช่วง pH การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บางชนิดซึ่งครอบคลุมอินดิเคเตอร์ที่นักเรียนศึกษา โดยกราฟดังกล่าวเป็นกราฟที่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดปริมาตรของสารมาตรฐานของอินดิเคเตอร์ทั้ง 3 ชนิดจึงมีความใกล้เคียงกันเพื่อนำไปสู่มโนทัศน์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเลือกอินดิเคเตอร์ในกรณีการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ แต่จากการอภิปรายผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนี้มาวิเคราะห์ผลการทดลองได้เนื่องจาก

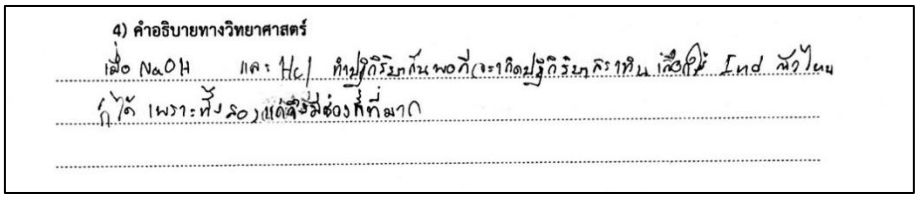
นักเรียนไม่สามารถแปลความหมายจากกราฟที่ครูให้และอาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่ได้ทำการสืบค้นกราฟนี้ด้วยตนเองจึงไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงกับหลักฐานที่นักเรียนค้นพบจากการทดลองได้ ครูจึงเป็นผู้อธิบายเกี่ยวกับการเลือกใช้อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดแก่เบสแก่ให้กับนักเรียน นักเรียนบางกลุ่มเกิดความเข้าใจและสามารถเรียนรู้ได้ตรงตามจุดประสงค์ของผู้วิจัย ภาพที่ 31 แสดงตัวอย่างการสร้างเหตุผลของนักเรียน แต่มีนักเรียนอีกหลายกลุ่มที่ยังไม่สามารถรวบรวมข้อมูลและสังเคราะห์เป็นมโนทัศน์ได้ด้วยตนเอง


4. สร้างเหตุผล/ข้อโต้แย้ง

เหตุผล/ข้อโต้แย้ง : สรุปได้ว่า น้ำยาล้างห้องน้ำมีค่าpH ได้จากการทดลองสีต่างกันเพราะ มีค่า pH ไม่เท่ากัน ใช้อินดิเคเตอร์ชนิดไหนก็ได้ เพราะค่าการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ไม่เท่ากัน จึงสรุปได้ว่าใช้ได้

ภาพที่ 31 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 4 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

จากนั้น นักเรียนแต่ละคนทำใบกิจกรรมในข้อที่ 5 คือการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น เมื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับควรปรับปรุงเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10.81 เป็นร้อยละ 45.83 ระดับดีลดลงจากร้อยละ 56.76 เป็นร้อยละ 54.17 และไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีมากเลย อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ สามารถใช้หลักฐานที่แสดงถึงช่วงการเปลี่ยนสีหรือจุดยุติของอินดิเคเตอร์ของการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ยังแสดงหลักฐานไม่ครบถ้วน สามารถอธิบายหลักการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตสำหรับกรดแก่กับเบสแก่ได้แต่ยังไม่สมบูรณ์และยังสื่อความหมายไม่ชัดเจน โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 32

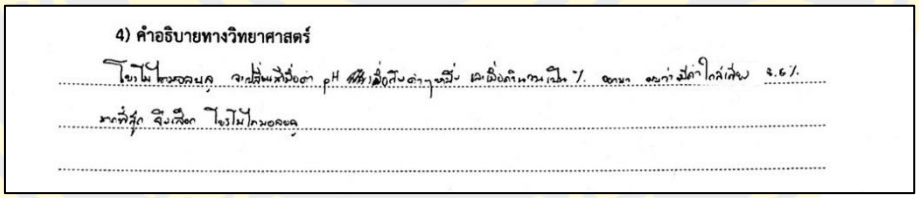

4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เมื่อ NaOH และ HCl ทำปฏิกิริยากันพอดีจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างเมื่อใช้ Ind นั้นใดก็ได้ เพราะทั้งสองแต่ละชนิดมีช่วงที่ต่างกัน

ภาพที่ 32 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S23 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ระดับดี

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S23 ที่อธิบายว่า *“เมื่อ NaOH และ HCl ทำปฏิกิริยากันพอดีจะเกิดปฏิกิริยาสะเทิน เลือกใช้อินดิเคเตอร์ตัวไหนก็ได้เพราะทั้งสองแก่จึงมีช่วงสีที่มาก”* โดยนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ มีการใช้หลักฐานเกี่ยวกับช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เพื่อเชื่อมโยงกับชนิดของปฏิกิริยาแต่ยังขาดความสมบูรณ์ของหลักฐาน สามารถอธิบายหลักการเลือกอินดิเคเตอร์ได้แต่การเขียนอธิบายสื่อความยังไม่ชัดเจน จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 1 หรือดี (3-4 คะแนน)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนอีกส่วนหนึ่งมีความสามารถในระดับควรปรับปรุงซึ่งมีจำนวนนักเรียนเพิ่มขึ้นจากแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้าร้อยละ 10.81 เป็นร้อยละ 45.83 โดยนักเรียนในระดับความสามารถนี้ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องบางส่วน ถึงแม้ว่าการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่จะสามารถเลือกใช้โบรโมไทมอลบลูเป็นอินดิเคเตอร์เตอร์ได้ แต่อินดิเคเตอร์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้สามารถเลือกใช้ได้ทุกตัว ดังนั้นข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์จึงต้องเป็นอินดิเคเตอร์ทุกตัว ซึ่งสามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องและยังไม่ครบถ้วน นอกจากนี้นักเรียนยังไม่มีมโนทัศน์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเลือกอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการและเหตุผลได้ โดยผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 33


4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S11 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ระดับควรปรับปรุง

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S11 ที่อธิบายว่า *“โบรโมไทมอลบลู จะเปลี่ยนสีเมื่อค่า pH เมื่อถึงค่า ๆ หนึ่ง และเมื่อคำนวณเป็น % ออกมา พบว่ามีค่าใกล้เคียง 8.5% มากที่สุด จึงเลือกโบรโมไทมอลบลู”* โดยนักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างไม่สมบูรณ์เนื่องจากระบุอินดิเคเตอร์เพียงชนิดเดียว มีการระบุหลักฐานเป็นความเข้มข้นของกรดจากการคำนวณแต่ยังไม่มีการอธิบายว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงต้องเทียบกับ 8.5% และยังไม่มีการอธิบายหลักการเลือกอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ได้ถูกต้อง จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 0 หรือควรปรับปรุง (0-2 คะแนน)

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีการสร้างแบบจำลองและตั้งสมมติฐานที่เฉพาะเจาะจง สามารถทำการทดลองได้ถูกต้องโดยมีครูเป็นผู้ช่วย

ชี้แนะกระบวนการทดลอง แต่เนื่องจากนักเรียนมีความสนใจการทดลองเป็นอย่างมากเพราะเป็นการทดลองที่แปลกใหม่และไม่เคยทำมาก่อนจึงมีความตื่นเต้นและท้าทายทำให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อนและใช้เวลาในการปฏิบัตินานขึ้น อีกทั้งนักเรียนบางคนติดเล่นและไม่ทราบว่ากำลังทำการทดลองเพื่อศึกษาเรื่องใด เนื่องจากเป้าหมายในการเรียนรู้ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาที่ลดลงและทักษะการแปลความหมายข้อมูลที่ต้องส่งเสริมให้นักเรียนเพิ่มขึ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถค้นหาหลักฐานได้อย่างถูกต้องและสร้างเหตุผลได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่านักเรียนมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการคำนวณโดยนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์และกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจากสิ่งที่กำหนดให้เพื่อคำนวณหาคำตอบได้ แต่เมื่อผู้วิจัยยกตัวอย่างการคำนวณที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกัน นักเรียนบางคนจึงจะสามารถทำตามได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนอีกหลายคนที่ไม่สามารถเริ่มต้นการคำนวณได้เลย ผู้วิจัยจึงควรปรับปรุงเพื่อพัฒนาต่อไปดังนี้

1. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างเหตุผลในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากการเขียน เช่น การนำเสนอ การแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น

2. การจัดกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ควรมีระยะเวลาให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและใช้เวลาในการอภิปรายเพื่อสร้างเหตุผลพร้อมกับเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองมากขึ้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อนุทินที่ให้นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามว่า “กิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติช่วยสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 : *“ได้ เพราะ มีหลักฐานยืนยันจากการทดลอง”*

นักเรียน 2 : *“ช่วยได้ เพราะ การทำแลปคือการพิสูจน์ว่าค่าที่ได้ออกมามีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากแค่ไหน ซึ่งนำไปสู่กระบวนการการสรุปผลที่จะต้องอภิปรายผลการทดลองออกมาในเชิงของวิทยาศาสตร์”*

นักเรียน 3 : *“ได้ เพราะเป็นกระบวนการที่ใช้หลักการและความรู้ทางเคมีในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลาย”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าการที่นักเรียนได้มีการค้นหาหลักฐานที่สามารถยืนยันหรือสนับสนุนสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนระบุไว้ก่อนหน้าจะทำให้นักเรียนเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ครูกำหนดเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ไปพร้อมกับการหาคำตอบที่นักเรียนต้องการ ทำให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายและสามารถนำเหตุผลหรือหลักการเหล่านั้นไปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำถามอีกว่า “ขั้นใดของกิจกรรมที่นักเรียนคิดว่ายากที่สุด เพราะเหตุใด” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 :*“เขียนสรุปตอนท้าย เพราะ มันเขียนออกมาเป็นคำไม่ถูก แต่เวลาทำการทดลองทำได้”*

นักเรียน 2 : *“ขั้นตอนการสร้างเหตุผล เพราะ ต้องใช้ผลการทดลองจากการทดลองและต้องใช้การคำนวณหาค่าเพื่อมาสร้างเหตุผล”*

นักเรียน 3 : “สร้างเหตุผลเพราะต้องใช้ทฤษฎีประกอบ”

นักเรียน 4 : “ขั้นตอนทำการทดลองเพราะต้องใช้ความแม่นยำมาก”

นักเรียน 5 : “การไทเทรต เพราะต้องทำให้พอดี”

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าการค้นหาหลักฐานในส่วนของการทดลองและการให้เหตุผลเป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีความยากลำบากในการเรียนรู้ เนื่องจากการทดลองเป็นเทคนิคใหม่และมีการใช้อุปกรณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย และการใช้ผลการทดลองนั้นมาแปลความและหาทฤษฎีหรือหลักการเพิ่มเติมเพื่ออธิบายคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ รวมทั้งการเขียนสรุปที่ยังไม่สามารถเรียบเรียงเป็นคำอธิบายที่จะสื่อสารความเข้าใจของตัวเองจึงเป็นสิ่งที่ยากสำหรับนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนเรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังแผนในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเป็นดังนี้

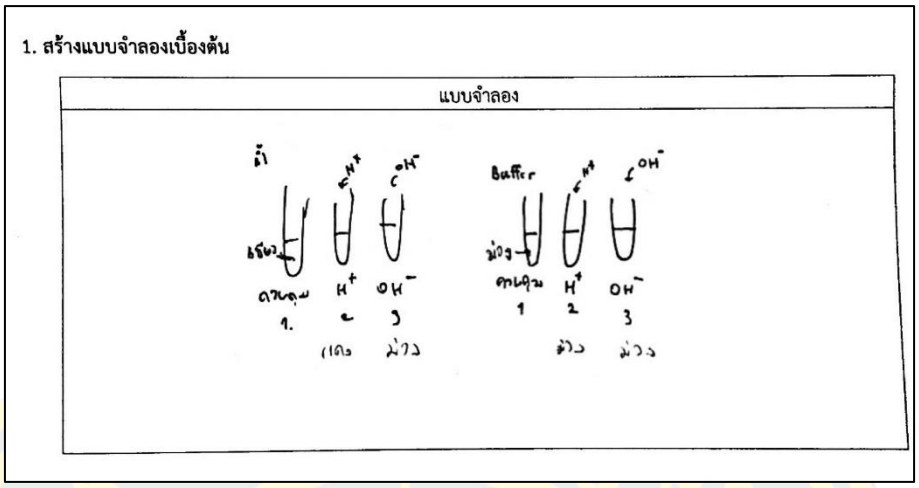
1) **การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตการศึกษาและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตดังกล่าว โดยใช้สถานการณ์ “ชุดตรวจโควิด-19 แบบเร่งด่วน (Antigen Test Kit – ATK)” เพื่อการศึกษาหลักการทำงานและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

2) **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know)

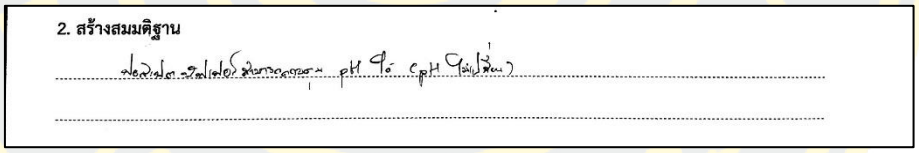
ครูทบทวนทฤษฎีเบิร์นสเตด-ลาวรี คู่กรด-คู่เบส และการวัดค่า pH ด้วยวิธีต่าง ๆ จากนั้นนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 5 เรื่อง “สารละลายบัฟเฟอร์” เมื่อนักเรียนได้ทำความเข้าใจสถานการณ์แล้วจึงให้นักเรียนร่วมกันระบุข้อกล่าวอ้างจากคำถามของสถานการณ์ว่า “น้ำยาสกัดที่เป็นสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ประกอบด้วย $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} มีประโยชน์อย่างไร เพราะอะไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ” พร้อมทั้งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายคำตอบของสถานการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมานักเรียนจะสร้างแบบจำลองในลักษณะขั้นตอนการทดลองซึ่งนั่นหมายถึงนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์คำตอบได้แต่นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่เป็นตัวแทนความคิดของนักเรียนได้ แต่เมื่อนักเรียนสามารถออกแบบการทดลองตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของครูแล้ว นักเรียนจะนำขั้นตอนการทดลองเหล่านั้นมาสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้น แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 34 แสดงให้เห็นว่าหากนักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ก็จะไม่สามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ เนื่องจากคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นเนื้อหาที่นักเรียนยังไม่สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นได้



ภาพที่ 34 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 1 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

ผู้วิจัยได้ตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างสมมติฐานเพื่อทดสอบในขั้นตอนถัดไป โดยครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้เบื้องต้น เมื่อนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้จึงจะทำให้นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 2 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

จากสมมติฐานที่นักเรียนตั้งขึ้น ครูจึงนำมาเป็นประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้นได้อย่างเป็นรูปธรรม ผลที่ได้คือนักเรียนเลียนแบบสถานการณ์เพื่อนำมาเป็นขั้นตอนหนึ่งในการพิสูจน์สมมติฐาน โดยเลียนแบบสถานการณ์ที่นำไม้ SWAB สารคัดหลั่งมาจุ่มลงในน้ำยาสกัด โดยมีตัวอย่างบทสนทนาดังนี้

นักเรียน : เอาไม้พันสำลีไปจุ่มสารละลายที่มี pH เท่ากับน้ำลายแล้วก็เอามาจุ่มในฟอสเฟตบัฟเฟอร์

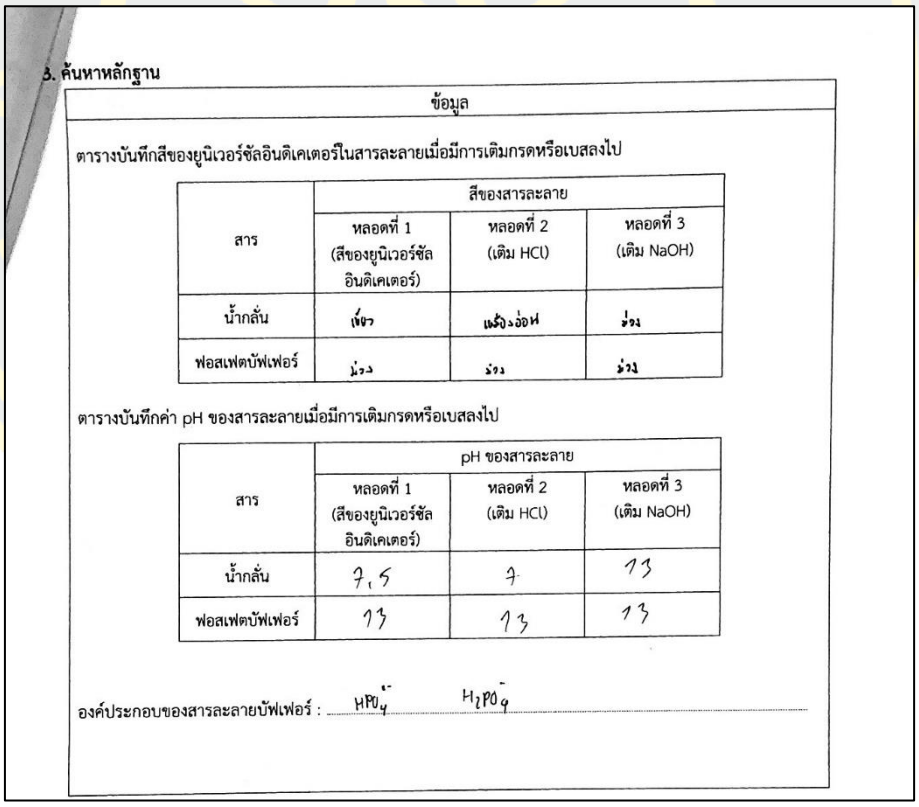
ครู : น่าสนใจมากค่ะ แล้วหนูจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอะไรคะ

นักเรียน : สังเกตสีครับ

ครู : อธิบายให้ครูฟังหน่อยได้ไหมคะว่าการทดลองจะส่งผลต่อสีอย่างไร

นักเรียน : ถ้าสีไม่เปลี่ยนแสดงว่า pH ไม่เปลี่ยน แสดงว่าควบคุมค่า pH ได้ครับ

จากบทสนทนาจะเห็นได้ว่านักเรียนเลียนแบบการทดลองจากสถานการณ์และนำประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวกับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของ pH จากการทดลองที่เคยทำมาแล้วหลายครั้ง และเมื่อมีสมมติฐานที่ชัดเจนพอก็จะทำให้นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ อย่างไรก็ตามครูได้เสริมในเรื่องของการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้การทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการวิจัยจากกิจกรรมของโรงเรียนผู้วิจัยจึงลดขั้นตอนการค้นหาหลักฐานโดยใช้วิธีการสาธิตแทนการลงมือปฏิบัติจริง พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถบันทึกผลได้ถูกต้อง แต่เนื่องจากการค้นหาหลักฐานสาธิตการทดลองโดยตัวแทนนักเรียน ทำให้นักเรียนหลายคนไม่มีส่วนร่วมในขั้นตอนนี้ โดยตัวอย่างขั้นตอนการค้นหาหลักฐานของนักเรียนแสดงได้ดังภาพที่ 36



3. ค้นหาหลักฐาน

ข้อมูล

ตารางบันทึกสีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ในสารละลายเมื่อมีการเติมกรดหรือเบสลงไป

สาร	สีของสารละลาย		
	หลอดที่ 1 (สีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์)	หลอดที่ 2 (เติม HCl)	หลอดที่ 3 (เติม NaOH)
น้ำกลั่น	เขียว	แดงอ่อน	ม่วง
ฟอสเฟตบัฟเฟอร์	ม่วง	ม่วง	ม่วง

ตารางบันทึกค่า pH ของสารละลายเมื่อมีการเติมกรดหรือเบสลงไป

สาร	pH ของสารละลาย		
	หลอดที่ 1 (สีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์)	หลอดที่ 2 (เติม HCl)	หลอดที่ 3 (เติม NaOH)
น้ำกลั่น	7.5	7	13
ฟอสเฟตบัฟเฟอร์	13	13	13

องค์ประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ : HPO_4^{2-} $H_2PO_4^-$

ภาพที่ 36 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument)

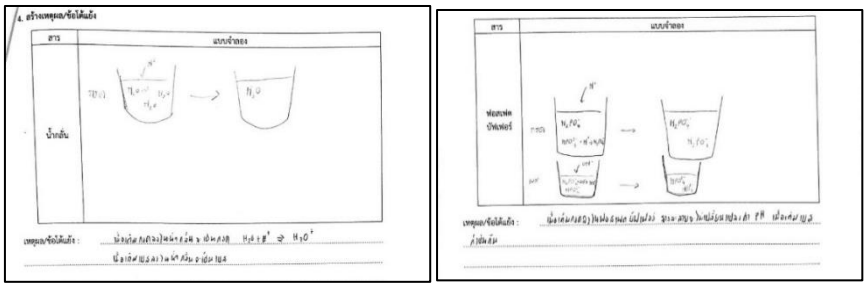
หลังจากที่นักเรียนได้ทดลองและค้นหาหลักฐานเพื่อนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ครูใช้คำถามเพื่อร่วมกันอภิปรายว่า “สารละลายกรดหรือเบสที่เติมลงไปเพียงเล็กน้อยในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH หรือไม่ อย่างไร” จากการอภิปรายพบว่านักเรียนสามารถตอบได้ว่าสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ทำให้ค่า pH ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำ และผู้วิจัยของยกตัวอย่างบทสนทนาที่เกิดขึ้นดังต่อไปนี้

ครู : เพราะเหตุใดผลจึงเป็นแบบนั้นคะ

นักเรียน : เพราะเป็นบัฟเฟอร์ครับ

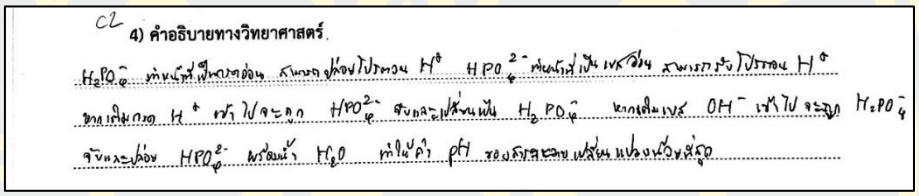
ครู : บัฟเฟอร์คืออะไรคะ

ครูจึงให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ พบว่านักเรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเป็นส่วนใหญ่ และยังพบอีกว่านักเรียนสืบค้นจาก chat gpt เป็นส่วนใหญ่ นักเรียนจึงตอบความหมายและหลักการทำงานของบัฟเฟอร์จากความเข้าใจของนักเรียนได้ จากนั้นครูจึงตรวจสอบความเข้าใจโดยเชื่อมโยงกับสถานการณ์โดยใช้คำถามว่า “สารละลายบัฟเฟอร์สามารถทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าน้ำได้อย่างไร” และกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายโดยใช้แบบจำลอง โดยเบื้องต้นนักเรียนยังไม่สามารถใช้แบบจำลองอธิบายได้ ครูจึงชี้แนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบหรือสารที่อยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ ครูพบว่ามีนักเรียนกลุ่มหนึ่งที่สามารถสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายได้จึงนำมาใช้เป็นแบบจำลองหลักในการอภิปรายและแก้ไขปรับปรุงร่วมกันให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์มากขึ้น แสดงตัวอย่างขั้นตอนการสร้างเหตุผลดังภาพที่ 37 จึงทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นเลียนแบบและนำไปเขียนในใบกิจกรรมของกลุ่มตนเอง จากนั้นสุ่มนักเรียนบางกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษา พบว่านักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและผลการทดลองได้แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ศึกษาได้ ครูจึงใช้คำถามเพื่อกำหนดขอบเขตเพื่อตอบคำถามให้ครอบคลุมสถานการณ์ที่กำลังศึกษา



ภาพที่ 37 ตัวอย่างใบกิจกรรมขั้นตอนที่ 4 ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

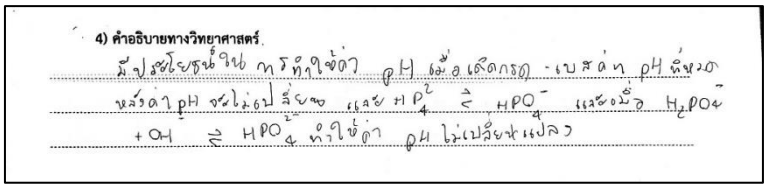
จากนั้น นักเรียนแต่ละคนทำใบกิจกรรมในข้อที่ 5 คือการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น เมื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับควรปรับปรุงลดลง จากร้อยละ 45.83 เหลือร้อยละ 40.91 ระดับดีเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.17 เป็นร้อยละ 54.55 และจากไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีมากในแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้าเพิ่มเป็นร้อยละ 4.55 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับดี รองลงมาคือระดับควรปรับปรุง และระดับดีมาก จะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับดี ที่สามารถระบุหลักฐานพร้อมทั้งอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานแต่ยังไม่เชื่อมโยงไปถึงข้อกล่าวอ้างได้อย่างสมบูรณ์ว่าเป็นประโยชน์อย่างไรกับการนำไปทำเป็นชุดตรวจโควิด-19 แบบเร่งด่วน แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S08 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ระดับดี

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S08 ที่อธิบายว่า *“$H_2PO_4^-$ ทำหน้าที่เป็นกรดอ่อน สามารถปล่อยโปรตอน H^+ HPO_4^{2-} ทำหน้าที่เป็นเบสอ่อน สามารถรับโปรตอน H^+ เข้าไปจะถูก HPO_4^{2-} จับและเปลี่ยนเป็น $H_2PO_4^-$ หากเติมเบส OH^- เข้าไปจะถูก $H_2PO_4^-$ จับและปล่อย HPO_4^{2-} พร้อมน้ำ H_2O ทำให้ค่า pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ถูกต้องสมบูรณ์และเชื่อมโยงหลักฐานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้แต่ยังไม่ชัดเจนว่า pH ของสารละลายใด อีกทั้งยังไม่มีการระบุถึงข้อกล่าวอ้างว่าน้ำยาสกัดนั้นมีประโยชน์อย่างไรในการทำชุดตรวจโควิด-19 จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 1 หรือดี (3-4 คะแนน)

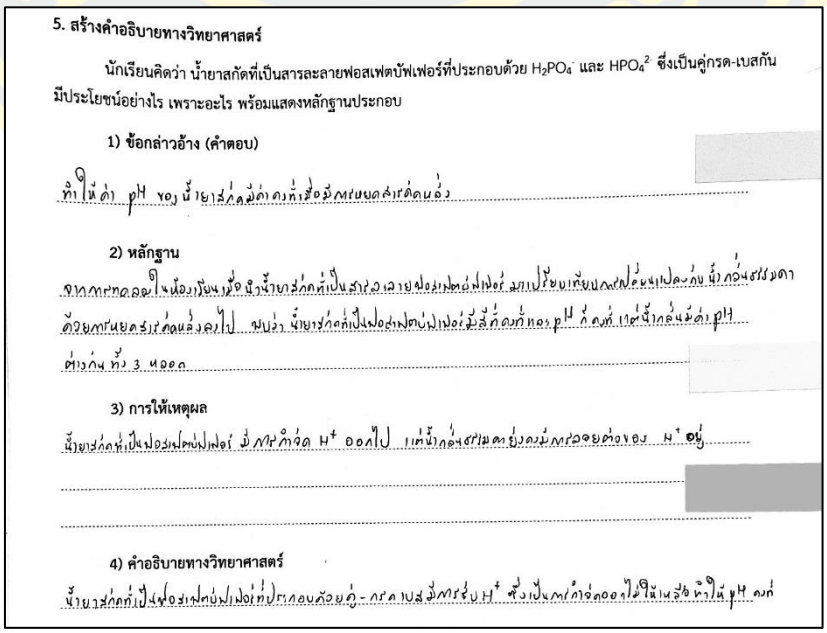
นอกจากนี้ยังพบอีกว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุงลดลงจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยลดลงจากร้อยละ 45.83 เป็นร้อยละ 40.91 โดยนักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงถึงสถานการณ์ มีการระบุหลักฐานที่ถูกต้องและสมบูรณ์ มีการให้เหตุผลและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่มีความเข้าใจในหลักการที่ศึกษาและมีมโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้ไม่สามารถสร้างเหตุผลได้ถูกต้อง แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 39


4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
มีประโยชน์ในการทำให้ค่า pH เมื่อเติมกรด-เบสค่า pH ยังคงหลังค่า pH จะไม่เปลี่ยน และ HP_4^2 ⇌ HPO_4^- และเมื่อ $H_2PO_4^-$ + OH^- ⇌ HPO_4^{2-} ทำให้ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 39 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S10 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ระดับควรปรับปรุง

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S10 ที่อธิบายว่า *“มีประโยชน์ในการทำให้ค่า pH เมื่อเติมกรด-เบส ค่า pH จะไม่เปลี่ยน และ HP_4^2 <---> HPO_4^- และเมื่อ H_2PO4^{2-} + OH^- <---> HPO_4^{2-} ทำให้ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง”* แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องและสมบูรณ์ และมีการให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากมีการอธิบายสมการไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับหลักฐานที่อ้างถึงรวมถึงยังไม่ระบุข้อกล่าวอ้างถึงประโยชน์ของการทำชุดตรวจโควิด-19 ได้ จึงมีความสามารถอยู่ในระดับ 0 หรือควรปรับปรุง (0-2 คะแนน)

ทั้งนี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีนักเรียนร้อยละ 4.55 ที่มีความสามารถในระดับดีมาก ซึ่งเพิ่มขึ้นจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ที่ไม่มีนักเรียนมีความสามารถในระดับดีมากเลย เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีการเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานที่นักเรียนค้นพบได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ มีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของบัฟเฟอร์แต่ยังเชื่อมโยงถึงคำตอบของสถานการณ์ได้ไม่ชัดเจน แสดงตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในใบกิจกรรมดังภาพที่ 40


5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคิดว่า น้ำยาสกัดที่เป็นสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วย $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ซึ่งเป็นคู่กรด-เบสกัน มีประโยชน์อย่างไร เพราะอะไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

ทำให้ค่า pH ของน้ำยาสกัดมีค่าคงที่เมื่อมีการเติมกรดหรือเบสเล็กน้อย

2) หลักฐาน

จากการทดลองในห้องเรียน เมื่อนำน้ำยาสกัดที่เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ มาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกับน้ำกลั่นธรรมดา ด้วยการหยดกรดหรือเบสลงไป พบว่า น้ำยาสกัดที่เป็นบัฟเฟอร์มีสีที่คงที่หรือ pH ที่คงที่ เทียบกับน้ำกลั่นมีค่า pH ต่างกัน ทั้ง 3 หยด

3) การให้เหตุผล

น้ำยาสกัดที่เป็นบัฟเฟอร์ มีการคำนวณ H^+ ออกไป แต่น้ำกลั่นธรรมดายังคงมีการแตกตัวของ H^+ อยู่

4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

น้ำยาสกัดที่เป็นบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยคู่กรด-เบสมีการรับ H^+ ซึ่งเป็นการกำจัดออกไปให้เหลือน้อย ทำให้ pH คงที่

ภาพที่ 40 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S16 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ระดับดีมาก

พิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียน S16 ที่อธิบายว่า *“น้ำยาสกัดที่เป็นฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยคู่กรด-เบสมีการรับ H^+ ซึ่งเป็นการกำจัดออกไม่ให้เหลือ ทำให้ pH คงที่”* จากคำอธิบายจะเห็นได้ว่านักเรียนเข้าใจหลักการทำงานของสารละลายบัฟเฟอร์ สามารถอธิบายถึงประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์โดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ สามารถระบุหลักฐานโดยอ้างถึงค่า pH ที่คงที่เมื่อมีการหยดกรดลงไปเล็กน้อยในสารละลาย แต่ยังระบุถึงข้อกล่าวอ้างได้ไม่สมบูรณ์ว่ามีประโยชน์ในการทำชุดตรวจโควิด – 19 ในเรื่องใด จึงจัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับ 2 หรือดีมาก (5-6 คะแนน) และจะเห็นได้ว่าในข้อ 4) นักเรียนเขียนไม่ครบองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แต่เขียนในองค์ประกอบย่อย (ข้อ 1) – 3)) จึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบย่อยได้แต่ไม่นำมาเขียนเรียบเรียงและเชื่อมโยงกัน

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 หากนักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้เบื้องต้นก็จะไม่สามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ เนื่องจากลักษณะแบบจำลองของนักเรียนที่แสดงถึงขั้นตอนการทดลองอาจเป็นในลักษณะของรูปภาพ หรือแผนภาพ แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความคิดหรือความเข้าใจต่อเรื่องนั้น ๆ หรือที่เรียกว่า “ตัวแทนความคิด” แต่สร้างแบบจำลองเพื่อให้สามารถทำการทดลองได้อย่างเป็นระบบมากขึ้นเท่านั้น แต่เมื่อแบบจำลองเหล่านั้นถูกปรับปรุงในขั้นตอนการสร้างเหตุผลจะมีลักษณะต่างไปจากเดิมโดยมีการแสดงถึงหลักการและกระบวนการระดับจุลภาคเพื่ออธิบายคำตอบมากขึ้น และยังพบอีกว่าหากครูให้นักเรียนกลับไปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการบ้านเนื่องจากระยะเวลาไม่เพียงพอจะทำให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่สมบูรณ์ อันเนื่องมาจากนักเรียนอาจลืมจุดประสงค์ที่สถานการณ์ต้องให้สร้างคำอธิบาย หรือนักเรียนอาจลืมเนื้อหาที่ได้ศึกษาจากใบกิจกรรม รวมถึงครูไม่ได้ทบทวนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนจึงส่งผลให้ในข้อที่ 4) นักเรียนขาดบางองค์ประกอบของคำอธิบาย ผู้วิจัยจึงควรปรับปรุงเพื่อพัฒนาต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยควรเน้นย้ำเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่ควรเป็นแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์เหล่านั้น

2. ผู้วิจัยควรทบทวนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทุกครั้งที่ให้นักเรียนเริ่มสร้างคำอธิบายต่อสถานการณ์เพื่อความเคยชินและเป็นการทบทวนจุดประสงค์หรือคำถามจากสถานการณ์ที่ต้องการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อนุทินที่ให้นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามว่า “กิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติช่วยสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 : *“ได้ เพราะมีการทดลองจากการตั้งสมมติฐานและหาคำตอบ”*

นักเรียน 2 : *“ได้ เพราะ ช่วยให้เข้าใจสารละลายบัฟเฟอร์มากขึ้น”*

นักเรียน 3 : *“ได้ เพราะ สามารถอธิบายการทำปฏิกิริยาของสารละลายบัฟเฟอร์ได้”*

นักเรียน 4 : *“ได้ เมื่อหยดกรดหรือเบสลงในสารละลายฟอสเฟตจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า ph”*

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่าหากนักเรียนได้มีการลงมือปฏิบัติจะกระตุ้นให้นักเรียนสามารถค้นหาคำตอบเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายสถานการณ์ จึงเป็นการนำองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำถามอีกว่า “ขั้นใดของกิจกรรมที่นักเรียนคิดว่ายากที่สุด เพราะเหตุใด” ซึ่งผู้วิจัยแสดงตัวอย่างคำตอบเป็นดังนี้

นักเรียน 1 : *“การคิดเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพราะต้องใช้สมการเคมีเข้ามาช่วยและอธิบายให้เป็นทางการทางวิทยาศาสตร์”*

นักเรียน 2 : *“หาเหตุผลว่าทำไมค่าpHไม่เปลี่ยนก่อนที่จะรู้ว่าบัฟเฟอร์มีคู่กรดเบส”*

นักเรียน 3 : “การทำแบบจำลอง เพราะ ไม่ถนัดครับ”

นักเรียน 4 : “ออกไปนำเสนอให้คนอื่นเข้าใจครับ”

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องเชื่อมโยงความรู้เดิมกับหลักฐานที่มีพร้อมกับเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่และสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ และการสร้างแบบจำลองสำหรับนักเรียนบางคนที่ไม่ชอบหรือไม่ถนัดในการวาดภาพ ซึ่งนักเรียนอาจยังไม่เข้าใจความหลากหลายของแบบจำลองที่สามารถแสดงออกได้ในหลายรูปแบบ รวมทั้งการสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบอื่นเพิ่มเติม จากที่ให้นักเรียนแสดงออกผ่านการเขียนจึงสุ่มให้ตัวแทนนักเรียนบางคนออกมานำเสนอคำอธิบายของนักเรียนในรูปแบบการพูด พบว่านักเรียนบางคนสามารถทำได้ดี แต่หลายคนก็ยังมีความไม่มั่นใจเนื่องจากนักเรียนอาจยังไม่มีความเข้าใจในเรื่องนั้นมากพอ ด้วยเหตุเหล่านี้จึงทำให้นักเรียนเกิดความยากลำบากในการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากบันทึกหลังสอน ใบกิจกรรม และอนุทินของนักเรียน เพื่อศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
1	• นักเรียนส่วนใหญ่ระบุข้อกล่าวอ้างได้เนื่องจากเป็นสถานการณ์ใกล้ตัว ตั้งสมมติฐานได้แต่ยังไม่สามารถทดสอบได้จริง สามารถค้นหาหลักฐานได้ดีเมื่อมีคำถามกระตุ้นจากครู บางคนตอบตามสัญชาตญาณโดยไม่เข้าใจแนวคิดหลัก ครูจึงต้องชี้แนะค่อนข้างมาก	• นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงการขั้นตอนการทดลอง ซึ่งไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจในมโนทัศน์เดิมของนักเรียน • นักเรียนขาดทักษะการควบคุมตัวแปรส่งผลให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน	• ครูเพิ่มตัวอย่างแบบจำลองและสมมติฐาน • กำหนดจำนวน/ขอบเขตหลักฐาน • ครูควรเผื่อเวลาการอภิปรายผล • ครูอธิบายองค์ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจน	• นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายฯได้เมื่อมีการตั้งสมมติฐานทดลอง และหาหลักฐานด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์และสร้างคำตอบได้อย่างมีเหตุผล • ส่วนที่ยากที่สุดคือการสร้างแบบจำลองและการให้เหตุผล เนื่องจากยังไม่คุ้นเคย
2	• นักเรียนส่วนใหญ่ระบุข้อกล่าวอ้างได้เนื่องจากเป็นสถานการณ์ต่อเนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 บางคนแสดงแบบจำลอง	• บางคนเชื่อมโยงความรู้เดิมและองค์ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ครบ • นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน	• ครูเพิ่มการทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง • ครูเน้นองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายให้ชัดเจนขึ้น	• การตั้งคำถามการออกแบบการทดลอง และการมีความรู้เดิมช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายฯ ได้ดีขึ้น • การสร้างแบบจำลองช่วยให้

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
	จุลภาคได้ชัดเจน คำถามของครูกระตุ้นให้นักเรียนค้นคว้า สร้างสมมติฐาน ทดลองและเชื่อมโยงหลักฐานได้ดีขึ้น	ในมโนทัศน์เดิม เช่น พันธะไอออนิกและการแตกตัวของเกลือ		เห็นภาพและวิเคราะห์ผลได้ชัดเจนขึ้น • การสร้างเหตุผลและการเขียนสมการเคมีเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด เพราะต้องใช้ความเข้าใจและทักษะเฉพาะในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับหลักฐาน
3	• นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์กับชีวิตจริงเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างและตั้งสมมติฐานได้ สามารถสร้างคำอธิบายฯ ได้ดีขึ้นโดยเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลได้เหมาะสม บางคนสามารถเขียนคำอธิบายได้ครบ	• มโนทัศน์เดิมส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายข้อกล่าวอ้าง • ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการไทเทรต	• ครูทบทวนความสัมพันธ์ระหว่างจุดสมมูลและจุดยุติ	• นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายฯได้เมื่อหาคำตอบจากการทดลองหรือข้อมูลเพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง • การสร้างเหตุผลและแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่นักเรียนพบว่ามีความยากลำบาก เนื่องจากต้องใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการ

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
	โดยไม่ต้องใช้โครงร่างที่ครูกำหนด			เชื่อมโยงข้อมูลและอธิบายฯ
4	• นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นได้จากการเชื่อมโยงมโนทัศน์เดิมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สามารถตั้งสมมติฐานและทดลองได้โดยมีครูชี้แนะบางส่วนแต่ความตื่นเต้นจากการทดลองใหม่ทำให้บางคนลืมจุดประสงค์การค้นหาหลักฐานและใช้เวลาในการทดลองนานขึ้น	• นักเรียนวิเคราะห์ผลการทดลองและเลือกอินดิเคเตอร์ได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการแปลความหมายจากกราฟมีความซับซ้อนเกินไป • นักเรียนมีข้อจำกัดด้านทักษะการคำนวณ และการแปลความหมายข้อมูล	• ครูเพิ่มเวลาสำหรับการสืบค้นและอภิปราย • ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างเหตุผลในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การพูด การแสดงบทบาทสมมติ	• นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายฯได้เมื่อค้นหาหลักฐานที่ยืนยันสมมติฐานจากการทดลอง ซึ่งช่วยให้นักเรียนเรียนรู้หลักการและสร้างคำอธิบายได้ด้วยตัวเอง • การค้นหาหลักฐานและการให้เหตุผลมีความยากลำบากเนื่องจากการทดลองเป็นเทคนิคใหม่ อุปกรณ์บางอย่างนั้นนักเรียนไม่คุ้นเคย
5	• นักเรียนที่ไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นได้จึงมักสร้างแบบจำลองเพื่อลำดับการทดลองไม่ได้แสดงความ	• หากให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการบ้านมักไม่สมบูรณ์ เพราะลืมจุดประสงค์หรือเนื้อหา และครูไม่ได้	• ครูเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความคิด • ครูทบทวนองค์ประกอบคำอธิบายก่อนเริ่มกิจกรรมทุกครั้ง	• การลงมือปฏิบัติช่วยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบและนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
	เข้าใจต่อข้อกล่าวอ้าง ครูใช้การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างสมมติฐานเพื่อนำไปสู่การค้นหาหลักฐาน เมื่อแบบจำลองถูกปรับในขั้นสร้างเหตุผลจะมีความชัดเจนมากขึ้น และทำให้นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการอธิบายได้ดีขึ้น	ทบทวนองค์ประกอบคำอธิบายให้ชัดเจน		ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น • บางขั้นตอนมีความยากลำบากในการเรียนรู้ เช่น การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลองสำหรับนักเรียนที่ไม่ถนัดในการวาดภาพ
ภาพรวม	• **ความเข้าใจในมโนทัศน์** : ในขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้ง นักเรียนบางคนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์เดิมได้ดี และสามารถสร้างคำอธิบายฯ ได้อย่างเหมาะสม	• **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์เดิม** : การสร้างแบบจำลองในขั้นตอนการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ ถ้านักเรียนขาดความเข้าใจที่ถูกต้องในมโนทัศน์พื้นฐานจะ	• **การทบทวนความรู้เดิมและความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด** : การทบทวนความรู้เดิมในขั้นตอนการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่	• **ความสำคัญของการใช้ความรู้เดิม** : การทบทวนความรู้เดิมช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วกับการทดลองใหม่

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
		ส่งผลกระทบต่อการสร้างแบบจำลองและการอธิบายข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผล	เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับการเรียนรู้ใหม่	
	• **การใช้แบบจำลอง** : แบบจำลองช่วยให้ลำดับการทดลองได้ดีขึ้นในขั้นตอนการค้นหาหลักฐาน แม้บางคนอาจไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ตั้งแต่เริ่มต้น แต่เมื่อปรับแบบจำลองแล้วสามารถอธิบายได้ชัดเจนขึ้นในขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้ง	• **การสร้างและปรับใช้แบบจำลอง** : นักเรียนสร้างแบบจำลองได้เบื้องต้นแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงกับมโนทัศน์เดิมหรือข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง การสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องจำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งในมโนทัศน์พื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	• **การส่งเสริมการสร้างแบบจำลองและสมมติฐาน** : แบบจำลองเบื้องต้นช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดและทดสอบสมมติฐานได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น	• **ความยากลำบากในการสร้างแบบจำลอง** : นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการสร้างแบบจำลองและยังไม่มีความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารมโนทัศน์ของตนเองได้อย่างเป็นรูปธรรม
	• **กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้แบบสืบเสาะการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น**	• **กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ :** นักเรียนไม่สามารถควบคุมตัวแปรได้ดี ส่งผลให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน	• **การให้เวลาสำหรับการอภิปรายและการสืบค้น** : การให้เวลาในการอภิปรายผลและการสืบค้น	• **กระบวนการค้นหาหลักฐานและการทดลอง** : การค้นหาหลักฐานเพื่อยืนยันสมมติฐานจากการทดลองจาก

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
	ฐาน : นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตั้งสมมติฐานได้โดยเชื่อมโยงสถานการณ์ใกล้ตัวหรือความรู้เดิม การตั้งคำถามจากครูช่วยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาสมมติฐานได้ดีขึ้น พร้อมทั้งออกแบบและดำเนินการทดลองบางส่วนภายใต้การชี้แนะ การใช้แบบจำลองช่วยวางแผนการค้นหาหลักฐานอย่างเป็นระบบ และการเปิดโอกาสให้อธิบายปรากฏการณ์ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น	และมีปัญหากับการแปลความหมายข้อมูล รวมถึงทักษะการคำนวณที่ส่งผลต่อการสรุปผลการทดลอง	ข้อมูลในขั้นตอนการค้นหาหลักฐานและการสร้างข้อโต้แย้งเป็นแนวทางที่สำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างคำอธิบาย	ขั้นตอนการค้นหาหลักฐานเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายฯ ได้ดีขึ้น

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนที่	การจัดการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อจำกัดในการเรียนรู้	แนวทางพัฒนา/ข้อเสนอแนะ	สะท้อนผลจากผู้เรียน
	• **การส่งเสริมการเชื่อมโยงทฤษฎีกับหลักฐานผ่านการตั้งสมมติฐานและการชี้แนะโดยครู** : การตั้งสมมติฐานและการทดลองช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริงได้อย่างมีเหตุผล โดยมีการกระตุ้นและชี้แนะจากครูเพื่อส่งเสริมการระบุข้อกล่าวอ้างและการสืบค้นหลักฐานอย่างเป็นระบบ		• **การทบทวนและเน้นความเข้าใจในองค์ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** : ครูควรทบทวนและอธิบายองค์ประกอบคำอธิบายก่อนเริ่มกิจกรรมหรือการอภิปรายในขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้ง จึงทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล	• **ความยากลำบากในการให้เหตุผล** : การให้เหตุผลต้องใช้ความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และการเขียนเชื่อมโยงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้

จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาผ่านแบบบันทึกหลังสอนและอนุทินของผู้เรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองในการสืบเสาะหาความรู้ผ่านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ส่วน ได้แก่ การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ และ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ ขั้นตอนที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง เป็นกิจกรรมที่มีการตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การหาหลักฐาน การอภิปรายผล ซึ่งสามารพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากประการแรกคือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผล เมื่อนักเรียนมีโอกาสลงมือทดลองและค้นหาหลักฐานด้วยตนเองจะสามารถเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานและการให้เหตุผลได้ดีขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการตัดสินใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีระบบ ประการที่สองคือ การจัดการเรียนรู้ฯ ช่วยพัฒนาการอธิบายอย่างเป็นระบบ เนื่องจากในแต่ละกิจกรรมมีการสร้างคำอธิบายผ่านองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ส่งผลให้นักเรียนมีกรอบการคิดที่ชัดเจนในการถ่ายทอดความเข้าใจของตนเองจนสามารถอธิบายสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน ประการที่สามคือ การจัดการเรียนรู้ฯ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้เดิม นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เคยเรียนรู้มาก่อนเข้ากับสถานการณ์ใหม่ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อได้รับการชี้แนะอย่างเหมาะสมจากครู ประการสุดท้ายคือ การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้ โดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้เห็นภาพและเข้าใจความสัมพันธ์เชิงวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถเชื่อมโยงความคิดและทดสอบได้อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการสืบเสาะผ่านแบบจำลอง นักเรียนจึงต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น การสร้างแบบจำลอง การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ผล และใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้าง การลงความเห็นข้อมูลที่นักเรียนจะต้องอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมในขั้นตอนการระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองในการสืบเสาะสถานการณ์ที่ศึกษา ดังนั้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมและสร้างความเข้าใจผ่านประสบการณ์ตรงและส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในรูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เนื้อหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กรด-เบส และใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
3) แบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
4) อนุทินของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลใน 2 ลักษณะ ได้แก่ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน โดยเปรียบเทียบความสามารถโดยทำการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample t-test) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อใช้ในการศึกษาความก้าวหน้าในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยประมวลข้อมูลจากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้และอนุทินของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาแบบอุปนัย (Analytic induction) เพื่อสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

สรุปผลการวิจัย

นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

ผ่านกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล การอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้ ทั้งนี้การเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่ประเมินโดยจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลใน 5 ประเด็น ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล เป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา มุ่งเน้นให้นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายต่อประเด็นคำถามหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นๆ จะเห็นได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) จึงช่วยให้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 5 ข้อ ดังนี้

1) ขั้นตอนการเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ (Setting the general parameters) ครูเตรียมสถานการณ์ที่ใกล้ตัวหรือคุ้นเคย หรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนมีประสบการณ์เดิมจะส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่ทำให้สามารถระบุข้อกล่าวอ้างในเบื้องต้นซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสมมติฐานเพื่อค้นหาหลักฐานได้อย่างชัดเจน จึงเป็นการเตรียมกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในกิจกรรมและสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย สอดคล้องกับ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) และอมรรัตน์ ปานเพชร (2565) ที่กล่าวว่า การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่น่าสนใจประกอบกับการใช้คำถามจะช่วยให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และลงมือสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง และยังช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ในห้องเรียนให้เกิดความสนุกอีกด้วย

2) ขั้นตอนย่อยที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) เป็นขั้นตอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาและแบบจำลองเบื้องต้นนั้นต้องมีร่องรอยที่สื่อถึงกระบวนการ คุณสมบัติ หรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้อยู่ในแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา (Target phenomena) ซึ่งสะท้อนผลจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ที่เป็นสถานการณ์ต่อเนื่องกันและใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของบทเรียนที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมที่ 1 เพื่อมาอธิบายในกิจกรรมที่ 2 และทบทวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการสืบเสาะเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเองและมีความรู้ความเข้าใจในการระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองเบื้องต้นในการอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด การที่นักเรียนได้ร่วมกันระบุข้อกล่าวอ้างในเบื้องต้นผ่านแบบจำลองทำให้ครูทราบมโนทัศน์เดิมของนักเรียน รวมถึงได้สำรวจความเข้าใจของนักเรียน อีกทั้งนักเรียนได้ประเมินความเข้าใจของตนเองในเบื้องต้นเพื่อที่จะดำเนินขั้นตอนการตั้งสมมติฐานต่อไปในการตรวจสอบหรือพิสูจน์ความเข้าใจของตนเองและนำไปสู่การเสริมสร้างหรือปรับเปลี่ยนมโนทัศน์เดิมที่มีความคลาดเคลื่อนให้ถูกต้องได้ (สมพงษ์ ปั้นหุ่น, 2559)

3) ขั้นตอนย่อยที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้แบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นเชื่อมกับความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถทดสอบได้ ซึ่งเป็นการคาดการณ์คำตอบล่วงหน้าโดยจะต้องสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การที่นักเรียนได้พิจารณาสถานการณ์เพื่อคาดการณ์คำตอบที่ต้องพิสูจน์ได้นั้นจะส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์การได้มาซึ่งหลักฐานที่สามารถสนับสนุนหรือยืนยันข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น จึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะส่งเสริมองค์ประกอบหลักฐานของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4) ขั้นตอนย่อยที่ 3 การค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบแบบจำลองและระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ที่สามารถสังเกตได้ ซึ่งข้อมูลจะกลายเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยเน้นให้นักเรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองและครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง การที่นักเรียนได้ลงมือทำ สังเกต และได้สัมผัสสิ่งที่สามารถจับต้องได้ ทำให้นักเรียนได้ประสบการณ์โดยตรงซึ่งจะทำให้นักเรียนจดจำได้และเป็นความทรงจำที่สามารถดึงกลับมาใช้ได้ง่าย

5) ขั้นตอนย่อยที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an Argument) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นเหตุเป็นผล (Casual argument) เพื่อยืนยันความเป็นจริงของรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ และเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธการอ้างถึงคำอธิบายหรือปฏิเสธสมมติฐานในแบบจำลองเบื้องต้น จึงทำให้ขั้นตอนนี้นักเรียนมีการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนแบบจำลองให้สามารถอธิบายสถานการณ์ได้ดียิ่งขึ้น เช่น แบบจำลองในลักษณะแผนภาพ แบบจำลองในระดับจุลภาคที่สามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีได้ง่ายขึ้น ซึ่งการสร้างตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลจะสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนมติในระดับโมเลกุลเข้ากับสิ่งที่มองเห็นในระดับมหภาคและการเขียนด้วยสัญลักษณ์ทางเคมีได้ สิ่งเหล่านี้สามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิชาเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) อีกทั้งนักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ผ่านขั้นตอนการค้นหาหลักฐานและการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจึงสามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงสิ่งที่สืบเสาะกับข้อกล่าวอ้างที่ได้คาดการณ์ไว้เบื้องต้น ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งจึงทำให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลในทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

จากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้ง 5 ข้อ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Essential features of classroom inquiry) ได้แก่ 1) นักเรียนมีความสนใจในคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ใช้ตอบคำถาม 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ปรากฏ 4) นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5) นักเรียนสื่อสารและแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย (นิตยสาร สสวท., 2557) และมีการใช้แบบจำลองเป็นฐานในการเรียนรู้ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจวิชาเคมีได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระดับมหภาคเข้ากับระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ อย่างไรก็ตามในบางบทเรียนอาจไม่ส่งเสริมให้ใช้แบบจำลองในการอธิบาย ทำให้นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลองเพื่อการสื่อสาร เนื่องจากการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะของแต่ละบุคคลที่อาจจะพัฒนาได้ยาก (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ โดยผ่านกระบวนการคิด การสร้างแบบจำลองและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ ความรู้ที่

จะคงทนโดยที่ครูไม่สามารถสร้างได้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผล สามารถเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานและการให้เหตุผลได้ดีขึ้น นักเรียนจึงไม่เพียงแค่ท่องจำข้อมูลหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการตัดสินใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ เนื่องจากในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ครูได้ออกแบบให้มีการทบทวนองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ ได้แก่ 1) การระบุข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นข้อความแสดงสิ่งที่นักเรียนเชื่อว่าเป็นคำตอบหรือคำอธิบายต่อสถานการณ์ 2) การเลือกหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างจากผลการทดลองหรือข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น และ 3) การให้เหตุผลที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างอย่างมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องผ่านกิจกรรมต่างๆ นักเรียนจึงพัฒนากรอบความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบมากขึ้น กล่าวคือ นักเรียนเริ่มเข้าใจว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เพียงแค่การตอบคำถามแต่ต้องเป็นการตอบโดยมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือรองรับ มีเหตุผลเชื่อมโยงและสามารถตรวจสอบได้ ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการทบทวนองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องจึงมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ และเมื่อมีการอธิบายองค์ประกอบซ้ำก่อนเริ่มให้นักเรียนเขียนคำอธิบายจะทำให้นักเรียนสามารถเขียนคำอธิบายได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยสะท้อนผลจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 เมื่อผู้วิจัยได้ทบทวนองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบ พบว่านักเรียนสามารถนำองค์ประกอบย่อยมาเขียนเชื่อมโยงร่วมกันเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากขึ้น อีกทั้งนักเรียนบางคนสามารถนำทั้ง 3 องค์ประกอบมาเขียนเชื่อมโยงกันได้โดยที่ไม่ต้องเขียนแยกองค์ประกอบก่อนในเบื้องต้น ซึ่งสอดคล้องกับ ดาริกา พงษ์เผ่าพงษ์ (2563) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ได้ข้อค้นพบแนวปฏิบัติที่ดีโดยใช้การอธิบายความหมายขององค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลได้ดีมากขึ้น

3. ความรู้เดิมและมโนทัศน์ส่งผลต่อองค์ประกอบการให้เหตุผล เนื่องจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ที่ผู้วิจัยใช้เป็นเนื้อหาในการจัดกิจกรรม เป็นเนื้อหาที่เชื่อมโยงกันในหลายหัวข้อ ดังนั้นนักเรียนจึงต้องใช้ความรู้ที่หลากหลายรวมถึงต้องจัดระเบียบความรู้

เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ศึกษา โดยเฉพาะเมื่อเนื้อหาและกิจกรรมมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ซึ่งเป็นบทนำเกี่ยวกับคุณสมบัติของกรด-เบส นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานจากระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับกิจกรรมทดลอง เช่น การสังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายเมื่อเติมกรดหรือเบส ทำให้นักเรียนสามารถให้คำอธิบายเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของกรดหรือเบสได้อย่างถูกต้องพอสมควร แต่เมื่อเนื้อหาและกิจกรรมมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้นักเรียนสร้างคำอธิบายได้ยากลำบากขึ้น เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ซึ่งเกี่ยวข้องกับทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ พบว่า นักเรียนที่มีพื้นฐานความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของสารหรือพฤติกรรมของสารในสารละลายจะสามารถสร้างคำอธิบายที่มีความลึกและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า ในขณะที่นักเรียนที่มีความรู้เดิมไม่ชัดเจนจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เช่น การสับสนระหว่างกรดแก่กับกรดอ่อน หรือไม่เข้าใจพฤติกรรมของไอออนเมื่ออยู่ในสารละลาย ตลอดจนการเขียนสมการเคมีที่คลาดเคลื่อน จะทำให้สร้างคำอธิบายได้ไม่สมบูรณ์หรือไม่สอดคล้องกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองและการอธิบายข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผล เช่นเดียวกันกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 ซึ่งมุ่งเน้นเรื่องการไทเทรตกรด-เบส ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสมการเคมี ค่า pH และการคำนวณปริมาณสารซึ่งมีผลอย่างมากต่อการเรียนรู้และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับการคำนวณโมลจะสามารถอธิบายหลักการของการไทเทรต เช่น จุดสมมูล และการเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับนำพงษ์ จันทร์โท (2563) ที่ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการรักษาดุลยภาพร่างกายมนุษย์ ได้กล่าวว่า ความรู้เดิมเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน หากนักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนก็จะสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ หรือสามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ จึงสามารถสรุปได้ว่าความรู้เดิมของนักเรียนมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการเชื่อมโยงแนวคิดและข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2012) ที่กล่าวว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทั้งข้อมูล หลักฐาน และความรู้ทางทฤษฎีที่เชื่อมโยงกันได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล

4. การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้เป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น โดยแบบจำลองทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสื่อความคิดของนักเรียนทำให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทดลอง และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้การเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลมีความสมบูรณ์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบผ่านการสร้างแบบจำลองที่ได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้ การสร้างแบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนจัดลำดับความคิดและเห็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น แม้นักเรียนบางคนอาจยังไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ตั้งแต่เริ่มต้น แต่เมื่อได้มีโอกาสสร้างและปรับปรุงแบบจำลองหลังจากการสืบเสาะ นักเรียนสามารถกลับมาทบทวนความเข้าใจของตนเองและอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจนและมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ์ (2558) ที่กล่าวว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี เนื่องจากเนื้อหาเคมีมีความเป็นนามธรรมจึงควรเน้นการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา โดยเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ สิ่งที่สังเกตเห็น (ระดับมหภาค) คำอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอนุภาค (ระดับจุลภาค) และทำให้ผู้เรียนเข้าใจภาษาสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร (ระดับสัญลักษณ์) อย่างไรก็ตาม การสร้างแบบจำลองไม่ใช่เพียงการวาดภาพหรือสื่อความหมายเท่านั้น แต่เป็นทักษะที่ต้องอาศัยความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งเพื่อนำเสนอข้อความหรือคำอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ จึงทำให้นักเรียนจำนวนไม่น้อยยังประสบความยากลำบากในขั้นตอนนี้ หากขาดความเข้าใจที่ดีในมโนทัศน์เดิมก็จะทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงแบบจำลองกับคำอธิบายได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้เป็นทั้งตัวช่วยในการส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และเป็นความท้าทายที่นักเรียนต้องได้รับการสนับสนุนจากครูอย่างต่อเนื่อง ทั้งการชี้แนะ การฝึกฝนซ้ำ และการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองของตนอย่างมีเป้าหมายที่ชัดเจน เพื่อให้แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพในการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5. แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Practices) เป็นแนวทางสำคัญในการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากเป็นการจัดการ

เรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้จริงอย่างเป็นระบบเพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์ โดยมีการตั้งคำถาม ใช้แบบจำลอง อภิปรายด้วยหลักฐาน สื่อสารข้อมูล เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งและเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริง นักเรียนไม่เพียงแค่ทดลองและสรุปผลแต่เน้นการคิดด้วยแบบจำลองและสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์เชิงลึก ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ Next Generation Science Standards (NGSS) ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาและปรับทิศทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากการเน้นรายละเอียดข้อเท็จจริงหรือการท่องจำสู่การให้นักเรียนได้เป็นผู้กระทำผ่านการมองแนวคิดวิทยาศาสตร์ในภาพรวม (National research council, 2012) เมื่อพิจารณาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า มีการตั้งคำถามหรือชี้นำให้นักเรียนเกิดความสงสัยผ่านสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ซึ่งสะท้อนถึงการสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์และกระตุ้นความคิดวิเคราะห์เชิงสืบสวน (Asking Questions and Defining Problems) มีการสร้างแบบจำลองที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาพรวมเชิงนามธรรมและเชื่อมโยงกับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Developing and Using Models) เสริมทักษะปฏิบัติจริงและการออกแบบการทดลองในบริบทของการเรียนรู้ที่มีเป้าหมาย (Planning and Carrying Out Investigations) มีการวิเคราะห์ผลและข้อมูลจากการค้นหาหลักฐาน จึงเป็นการใช้ทักษะวิเคราะห์เชิงข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ (Analyzing and Interpreting Data) ในบางแผนการจัดการเรียนรู้มีการเชื่อมโยงการคำนวณเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการยืนยันข้อกล่าวอ้าง ซึ่งสะท้อนถึงการบูรณาการระหว่างคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Using Mathematics and Computational Thinking) ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาอย่างมีเหตุผลและมีหลักฐานสนับสนุน (Constructing Explanations and Designing Solutions) นักเรียนได้อภิปรายผลการทดลอง เปรียบเทียบความคิดเห็น ร่วมกันกับเพื่อนและครู เช่น การให้เหตุผลว่าทำไมอินดิเคเตอร์จึงเปลี่ยนสี หรือเพราะอะไรค่าความเข้มข้นจึงคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งช่วยให้นักเรียนฝึกการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และใช้หลักฐานสนับสนุนความคิดเห็นตนเอง (Engaging in Argument from Evidence) อีกทั้งกิจกรรมกลุ่มในแต่ละแผนมีการเขียนรายงานแสดงให้เห็นว่านักเรียนฝึกนำเสนอความรู้ทั้งการพูดและการเขียน จึงเป็นการเสริมการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ และการประเมินแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการอธิบาย (Obtaining, Evaluating, and Communicating Information) (จรรยา ดาสา, 2560) จากลักษณะการฝึกฝนทั้ง 8 ประการนี้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำเป็นต้องบูรณาการแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพื่อ

ส่งเสริมการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Windschitl et al. (2008) ที่ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทเสมือนนักวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ผล และใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้าง ดังนั้น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมและสร้างความเข้าใจผ่านประสบการณ์ตรง ตลอดจนสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายในแต่ละองค์ประกอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่มีการพัฒนามากที่สุด ได้แก่ หลักฐาน ข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล ตามลำดับ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ทุกองค์ประกอบจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนต่าง ๆ ผ่านการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อสืบเสาะหาข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้การระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นจากการคาดเดาคำตอบที่ครูตั้งคำถามต่อสถานการณ์ที่ศึกษา นำไปสู่การตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบข้อกล่าวอ้างนั้น จากนั้นออกแบบและปฏิบัติการทดลองเพื่อหาหลักฐาน ตลอดจนการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อีกทั้งยังใช้กรอบแนวคิด CER ซึ่งย่อมาจาก Claim (ข้อกล่าวอ้าง) Evidence (หลักฐาน) และ Reasoning (การให้เหตุผล) เป็นแนวทางในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนำแต่ละองค์ประกอบมาเขียนเรียบเรียงกันจึงทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์ในทุกองค์ประกอบ

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในองค์ประกอบต่าง ๆ พบว่า องค์ประกอบหลักฐานนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนมากที่สุด เนื่องจากนักเรียนต้องพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลจากบทความที่กำหนดให้เพื่อคัดเลือกและใช้มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสม หากนักเรียนสามารถจำแนกได้ว่าส่วนใดของข้อมูลที่สามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานได้ก็จะสามารถแสดงหลักฐานเพื่อประกอบการอธิบายได้สมบูรณ์ (McNeill, 2012; พิริยะ วรรณไทย, 2564; พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2565) และเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มี

ขั้นตอนการสืบเสาะ พิจารณา จำแนกและคัดเลือกข้อมูลเพื่อให้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างชัดเจน มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นถึงการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ต่าง ๆ ในการทดสอบสมมติฐาน และใช้เป็นส่วนสำคัญในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองจึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการพิจารณาข้อมูลเพื่อระบุหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างสมบูรณ์ (พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์, 2565) องค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับถัดมาคือ ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งหมายถึงการระบุคำตอบของสถานการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้ชัดเจน โดยมีลักษณะเป็นข้อความที่กระชับหรือเป็นประโยคสั้น ๆ เพื่อสรุปสาระสำคัญอย่างตรงประเด็น การเขียนข้อกล่าวอ้างในลักษณะนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปคำตอบได้ง่ายที่สุด จึงถือเป็นองค์ประกอบที่ง่ายที่สุดในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz-Primo, et al., 2010; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560; พิริยะ วรรณไทย; 2564, พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2565) หากนักเรียนมีความรู้พื้นฐานมาก่อน หรือสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากบทความและสามารถสรุปใจความเพื่อตอบคำถามได้ ก็จะส่งผลให้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น และลำดับสุดท้ายองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนน้อยที่สุด คือ การให้เหตุผลเนื่องจากการให้เหตุผลเป็นการนำหลักฐานมาสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น โดยแสดงถึงความเชื่อมโยงอย่างมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนที่ขาดองค์ความรู้ แนวคิด หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์คำถามหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาจะเกิดความยากลำบากในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคัดเลือกหลักฐานและไม่สามารถสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่กำหนดให้ได้หรือไม่สามารถอธิบายหลักการได้อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของหลายท่านที่พบว่าองค์ประกอบการให้เหตุผลนั้นเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุดและพัฒนายากที่สุด (McNeill, 2012; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560; ศศิกานต์ นิ่มดำ และคณะ, 2563; จิภัทร ศรีระอุดม, 2565) แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบการให้เหตุผลมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีเหตุผล และมีการฝึกการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานในการเขียนเรียบเรียงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนสุดท้าย ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยมีกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการได้มาซึ่งการอธิบายต่อสถานการณ์ที่ศึกษา

และเรียนรู้ลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ทำให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นทั้งในภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูผู้สอนต้องอธิบายพร้อมยกตัวอย่างแบบจำลองเพื่อสร้างเป็นตัวแทนความคิดให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพอย่างเป็นรูปธรรม จะทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่เป็นลักษณะของการอธิบายความคิด ความเข้าใจ และมโนทัศน์ของนักเรียนได้

1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นให้นักเรียนเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างหลากหลายเพื่อให้เกิดความน่าสนใจและความแปลกใหม่ของการทดลอง และกระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาออกมาในลักษณะของตาราง กราฟ แผนภาพ เพื่อให้ง่ายต่อการนำหลักฐานมาเชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

1.3 การใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่สะท้อนความเชื่อมโยงของสมบัติระดับมหภาคกับสมบัติระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง จะสามารถทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพิจารณาศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ "ความสามารถในการสร้างเหตุผลทางวิทยาศาสตร์" และ "ความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์" อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นสองส่วนที่นักเรียนยังคงพบความยากลำบากอย่างมีนัยสำคัญ และมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ในส่วนของความสามารถในการสร้างเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ พบว่าเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุดสำหรับนักเรียน เนื่องจากต้องใช้ความเข้าใจและทักษะเฉพาะในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับหลักฐาน นักเรียนยังต้องการคำแนะนำจากครูค่อนข้างมาก และต้องรวบรวมข้อมูลจากหลากหลายแหล่งเพื่อสร้างเหตุผล แม้ว่านักเรียนจะสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและค้นหาหลักฐานได้ดีขึ้น แต่การเชื่อมโยงทฤษฎีกับหลักฐานเพื่อสร้างเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ยังคงเป็นจุดที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังทำได้ไม่ดีนัก อย่างไรก็ตามการสร้างเหตุผลเป็นองค์ประกอบสำคัญของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการตัดสินใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ สำหรับความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนยังไม่คุ้นเคยและ

ไม่เข้าใจในรูปแบบที่หลากหลายของแบบจำลองที่สามารถแสดงออกได้ โดยนักเรียนยังคงสร้างแบบจำลองในลักษณะขั้นตอนการทดลองมากกว่าการแสดงความคิด ทั้งนี้ การใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจความสัมพันธ์เชิงวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และสามารถเชื่อมโยงความคิดและทดสอบได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งนักเรียนได้ระบุว่าการสร้างแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่ยาก เนื่องจากยังนึกภาพไม่ออกและไม่แน่ใจว่าจะสร้างอย่างไรให้คนอื่นเข้าใจ

2.2 จากการที่งานวิจัยพบว่านักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ เช่น Chat GPT และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ นอกเหนือจากการทดลอง ซึ่งการเข้าถึงข้อมูลที่หลากหลายนี้เป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตาม ยังพบข้อจำกัดว่านักเรียนยังไม่สามารถกลั่นกรองหรือใช้ข้อมูลจากแหล่งเหล่านั้นได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น สิ่งที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตจึงเป็นการศึกษาการเข้าถึงและการใช้แหล่งข้อมูลดิจิทัล (Digital Information Access and Utilization) ของนักเรียน เช่น

- ทักษะการประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลดิจิทัล ในยุคที่ข้อมูลมีปริมาณมหาศาลและเข้าถึงได้ง่ายนั้น นักเรียนจะมีเกณฑ์หรือวิธีการอย่างไรในการประเมินว่าแหล่งข้อมูลออนไลน์นั้นมีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

- การศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือ AI (เช่น Chat GPT) ต่อกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การใช้ปัญญาประดิษฐ์ เช่น Chat GPT ในการสืบค้นข้อมูลมีส่วนช่วยส่งเสริมหรืออาจเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ การวิเคราะห์ และการสร้างเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างไร ควรมีการศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเหล่านี้อย่างรอบด้าน

2.3 จากผลการวิจัยและข้อจำกัดที่พบ ผู้วิจัยเห็นว่าควรบูรณาการเนื้อหาและกิจกรรมที่เน้นทักษะเชิงคำนวณเข้ากับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เนื่องจากข้อจำกัดด้านทักษะเชิงคำนวณของนักเรียน จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนบางส่วนยังคงมีข้อจำกัดในการเริ่มต้นการคำนวณ ขาดทักษะในการตีความข้อมูลเชิงตัวเลขที่ซับซ้อน และความสามารถในการตีความข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบกราฟ ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

คัทลียา สิงห์วี. (2561). *แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

จรรยา ดาสา. (2560). การสืบเสาะวิทยาศาสตร์ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา: Scientific Inquiry in the Next Generation Science Standards. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 8(2), 177–196. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/husoc/article/view/108990.

จิรภัทร ศรีระอุดม. (2565). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยสารคาม. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

ฉลองวุฒิ จันทร์หอม. (2563). การสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21.* (น. 644-654). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29*(3). 86-99. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/EDUC_TSU/article/view/14352.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดาริกา พงษ์เผ่าพงษ์, จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, และ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงของโลกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดสำนักบก จังหวัดชลบุรี. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *37*(3), 72–85. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/download/249193/183329.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2566). *รูปแบบการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย.* กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพมณี ตรัยรัตนวิทย์. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สมุดบันทึกสะท้อนคิด (Reflective Journal) เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการสะท้อนคิด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา. *วารสารการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *23*(1), 87-97. https://doi.org/10.14456/jednu.2021.6.

นำพงษ์ จันทร์โท, ศักดิ์ศรี สุภาษร, ธนิกุล ศุภากาญจน์, และ วารี อยู่ถาวร. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ* , *11*(4), 183-193. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/jtie/article/view/241857/164746.

บุญชม ศรีสะอาด. (2543). *การวิจัยทางการวัดและประเมินผล.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ. (2559). *การวัดและประเมินผลการศึกษา.* อุดรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. เอกสารการสอน.

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์. (2558). ธรรมชาติของวิชาเคมีและการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว., 31*(2). 187-200. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/scij/article/view/1879

พัณนิดา มีลา. (2559). *การสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

พัณนิดา มีลา. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมกาสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19*(3). 1-15. https://doi.org/10.14456/jednu.2017.15.

พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์. (2565). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*

(วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยสารคาม. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

พิริยะ วรรณไทย. (2564). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพเคลื่อนไหว. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต). ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ และ อะรุณี แสงสุวรรณ. (2565). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพเคลื่อนไหว. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, *6*(3), 101–115. https://doi.org/10.14456/jem.2022.25.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์). https://www.researchgate.net/publication/339687829.

มณีญา สุราช. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา.* อุดรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. เอกสารการสอน.

ศศิกานต์ นิ่มดำ, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, และดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 35*(2), 96–109. https://doi.org/10.14456/EDUC_TSU.2020.14.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. (2555). บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีในระดับโมเลกุล. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *35*(1), 1-7. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/EDKKU/article/view/17849.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ CER (Claim, Evidence, and Reasoning). *นิตยสาร สสวท*., (47)219. 11. https://emagazine.ipst.ac.th/219/.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566ก). *กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์.* สืบค้น 30 ธันวาคม 2566. https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/science_competency_framewark/.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566ข). *การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022.* สืบค้น 30 ธันวาคม 2566. https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมพงษ์ ปั้นหุ่น. (2559). การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, *27*(2), 14-29. https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/education2/article/view/4322.

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

อนุพงศ์ ไพรศรี. (2560). *ฉันพัฒนาทักษะการโต้แย้งและแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องสมดุลเคมีอย่างไร ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. เกษตรศาสตร์. https://tdc.thailis.or.th/tdc/.

อภิวรรณ สุวรรณโชติ. (2562). การพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20.* (น. 1655-1663). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อมรรัตน์ ปานเพชร. (2565). *การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร). https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/6025.

American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing.* USA: American Educational Research Association.

Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. *Journal of the Learning Sciences*, *17*(3), 381–414. https://doi.org/10.1080/10508400802395655.

Bolton, G. (2010). *Reflective practice: Writing and professional development.* Sage Publications.

Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (Eds.). (1985). *Reflection: Turning experience into learning.* Kogan Page.

Campbell, D.T., Zhang, D., & Neilson, D. (2011). Model based inquiry in the high school physics classroom: An exploratory study of implementation and outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, *20*(3), 258-269. https://doi.org/10.1007/s10956-010-9252-0.

Coll, R.K. (2006). *Metaphor and Analogy in Science Education*. Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3304-X.

Creswell, J. W. & Creswell J. D. (2018). *Research Design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed). United States of America: SAGE Publication.

Gibbs, G. (1988). *Learning by doing: A guide to teaching and learning methods.* Further Education Unit

Gilbert, K. G., & Boulter, C. J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47123-1

He, P., Zhang, Y., Li, T., Zheng, Y., & Yang, J. (2024). Diagnosing middle school students' proficiency in constructing scientific explanations with the integration of

chemical reactions and patterns: A cognitive diagnostic modeling approach. *International Journal of Science Education*, 1–28, https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2413926.

Hestenes, D. (2006). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. In *Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modelling in Physics and Physics Education* (pp. 1-28). https://modeling.asu.edu/modeling/Publications/GIREP_Hestenes_2006.pdf.

Johns, C. (1995). The value of reflective practice for nursing. *Journal of Clinical Nursing*, *4*(1), 23-30. https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.1995.tb00004.x.

Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental Model in Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4, 71-115. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0401_4.

Khan, S. (2007). Model-Based Inquiries in Chemistry. *Science Education*, 91(5), 877-905. https://doi.org/10.1002/sce.20214.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2012). Suppor*ting grade 5-8 students in constructing explanations in science: the claim, evidence, and reasoning framework for talk and writing.* Boston: Pearson.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations thinking with data. In *Thinking with data* (pp. 233-265) Lawrence Erlbaum Associates Publishers. https://doi.org/10.4324/9781315797305-13.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Science Explanation: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research In Science Teaching*, *45*(1), 53-78. https://doi.org/10.1002/tea.20202.

Moon, J. A. (2004). *A handbook of reflective and experiential learning: Theory and practice*. Routledge.

Moore, B. A., & Wright, J. (2021). Constructing written scientific explanations: A conceptual analysis supporting diverse and exceptional middle- and high-school students in developing science disciplinary literacy. *Frontiers in Education*, 6. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.699160.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington,

D.C.: National Academy of Science. https://nap.nationalacademies.org/catalog/4962/national-science-education-standards.

National science teachers association. (2004). *Inquiry-Based Instruction*. Retrieved on February 20, 2024. https://www.nsta.org/science-teacher/science-teacher-february-2004/inquiry-based-instruction.

Nuffield Foundation. (2013). *Model-based inquiry and practice work – an introduction*. https://www.nuffieldfoundation.org.

OECD. (2024). *PISA 2025 Science Framework*. Retrieved on February 21, 2024. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/.

Richards, J. C. (2017). *Teaching listening and speaking*: *From theory to practice.* Cambridge University Press.

Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Ayala, C. C., & Shavelson, R. J. (2010). Evaluating students' science notebooks as an assessment tool. *International Journal of Science Education*, *32*(5), 515–545. https://doi.org/10.1080/09500690903063529.

Ryan, M., & Ryan, R. M. (2019). *Anxiety in schools: Approaches to prevention and intervention.* Routledge.

Sanpson, V., & Clark, D. V. (2009). The Impact pf Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. *Science Education*, 93(3), 448-484. https://doi.org/10.1002/sce.20301.

Schwarz, C.V., & Gwekwerere, Y.N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186. https://doi.org/10.1002/sce.20177.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). *Beyond the Scientific Method: Model Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations*. Retrieved 5 February 2024. https://www.learntechlib.org/p/21151/.

Zangori, L. & Forbes, C.T. (2015). Exploring Third-Grade Student Model-Based Explanations about Plant Relationships within an Ecosystem. *International*

Journal of Science Education, 37(18), 2942–2964.
https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1075678.

Zubizarreta, J. (2009). *The learning portfolio: Reflective practice for improving student learning*. Jossey-Bass.

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ
- หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย
- หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย
- หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย
- แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ดร. ณวรา สีที
ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 นายธนายุต จันทราเขต
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 นางสาวปนัดดา สุรเมธสกุล
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสิงห์บุรี
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5 นางนันรัตน์ ประพุสโร
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสิงห์บุรี
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
ที่ อว ๘๑๓๗/๒๔๓๙ **วันที่** ๑๘ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ (คณะศึกษาศาสตร์)

ด้วย นางสาวธนวรรณ เทียนศรี รหัสประจำตัวนิสิต ๖๖๙๑๐๑๒๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ท่านเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๘๒๓๑๒๘๐ หรือที่ E-mail: 66910121@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๗๕๗

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๘ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นางสาวธนวรรณ เทียนศรี รหัสประจำตัวนิสิต ๖๖๙๑๐๑๒๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ ดร.ณวรา สีที ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๘๒๓๑๒๘๐ หรือที่ E-mail: 66910121@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th
สำเนาเรียน ดร.ณวรา สีที

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๗๕๘

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๘ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นางสาวธนวรรณ เทียนศรี รหัสประจำตัวนิสิต ๖๖๙๑๐๑๒๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ นายธนายุต จันทราเขต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๘๒๓๑๒๘๐ หรือที่ E-mail: 66910121@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th
สำเนาเรียน นายธนายุต จันทราเขต

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๗๕๙

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๘ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสิงห์บุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นางสาวธนวรรณ เทียนศรี รหัสประจำตัวนิสิต ๖๖๙๑๐๑๒๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ นางสาวปนัดดา สุรเมธสกุล และนางสาวนันทรัตน์ ประพุสโร ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๘๒๓๑๒๘๐ หรือที่ E-mail: 66910121@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th
นางสาวปนัดดา สุรเมธสกุล และนางสาวนันทรัตน์ ประพุสโร

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ที่ อว ๘๑๓๗/๔๑๗

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๓ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วย นางสาวธนวรรณ เทียนศรี รหัสประจำตัวนิสิต ๖๖๙๑๐๑๒๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน ๑ ห้องเรียน ที่เรียนในรายวิชาเคมี ๔ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๗ จำนวน ๔๑ คน ในวันที่ ๒๗ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๘ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๘๒๓๑๒๘๐ หรือที่ E-mail: 66910121@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

ที่ อว ๘๑๓๗/๔๑๘

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๓ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธนวรรณ เทียนศรี รหัสประจำตัวนิสิต ๖๖๙๑๐๑๒๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลการเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน ๑ ห้องเรียน ที่เรียนในรายวิชาเคมี ๔ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๗ จำนวน ๔๐ คน ระหว่างวันที่ ๒๘ กุมภาพันธ์ - ๒๘ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๘ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๘๒๓๑๒๘๐ หรือที่ E-mail: 66910121@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กองบริหารการวิจัย
และนวัตกรรม

เลขที่ IRB4-042/2568

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย: G-HU 251/2567
โครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
หัวหน้าโครงการวิจัย: นางสาวธนวรรณ เทียบศรี
หน่วยงานที่สังกัด: คณะศึกษาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก (งานนิพนธ์/ วิทยานิพนธ์/ ดุษฎีนิพนธ์):
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา **หน่วยงานที่สังกัด** คณะศึกษาศาสตร์

วิธีทบทวน: ☐ Exemption ☐ Expedited ☑ Full board

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	ฉบับที่ 4 วันที่ 14 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
2. โครงการวิจัยฉบับภาษาไทย	ฉบับที่ 1 วันที่ 17 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2567
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วันที่ 7 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 13 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2567
5. แบบเก็บรวมรวบข้อมูล เช่น แบบบันทึกข้อมูล (Data Collection Form) แบบสอบถาม หรือสัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ฉบับที่ 1 วันที่ 17 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2567
6. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี)	ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. -

วันที่รับรอง : วันที่ 21 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
วันที่หมดอายุ : วันที่ 21 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

(ดร.พิมลพรรณ เลิศล้ำ)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

** หมายเหตุ การรับรองนี้มีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ด้านหลังเอกสารรับรอง **

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตาราง ข-1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

รายการประเมิน		ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ						ระดับความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย	
ประเด็นที่ 1 สาระสำคัญ								
1.1	มีความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
1.2	มีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1	ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
2.2	ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3 สาระการเรียนรู้								
3.1	มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2	เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.3	เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1	ขั้นการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้	5	3	5	4	4	4.20	มาก
4.2	ขั้นสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้	5	4	5	4	4	4.40	มาก
4.3	ขั้นค้นหาหลักฐาน	5	5	5	4	4	4.60	มากที่สุด
4.4	ขั้นการสร้างข้อโต้แย้ง	5	3	5	3	4	4.00	มาก

ตาราง ข-1 (ต่อ)

	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4.5	เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	5	4	4	4.20	มาก
4.6	กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	มากที่สุด
4.7	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5 สื่อการเรียนรู้								
5.1	สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	4	4	4	4	4.20	มาก
5.2	เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	5	4	4	4.40	มาก
5.3	ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	4	4	3	4	4.00	มาก
ประเด็นที่ 6 วิธีการวัดผลและประเมินผล								
6.1	วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
6.2	การวัดที่ระบุไว้ สามารถประเมินได้	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
	เฉลี่ย	5.00	4.21	4.84	4.42	4.26	4.55	มากที่สุด

ตาราง ข-2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 1 สาระสำคัญ							
1.1 มีความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
1.2 มีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	5	4	4	4.40	มาก
ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3 สาระการเรียนรู้							
3.1 มีความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	มาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้							
4.1 ขั้นการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.2 ขั้นสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.3 ขั้นค้นหาหลักฐาน	5	4	5	4	4	4.40	มาก
4.4 ขั้นการสร้างข้อโต้แย้ง	5	3	4	5	4	4.20	มาก
4.5 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.6 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	มาก
4.7 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	3	5	4	5	4.40	มาก

ตาราง ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 5 สื่อการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	3	5	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	5	4	4	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	3	3	5	4	4.00	มาก
ประเด็นที่ 6 วิธีการวัดผลและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
6.2 การวัดที่ระบุไว้ สามารถประเมินได้	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
เฉลี่ย	5.00	3.74	4.84	4.63	4.16	4.47	มาก

ตาราง ข-3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ

รายการประเมิน		ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 1 สาระสำคัญ								
1.1	มีความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
1.2	มีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1	ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
2.2	ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	3	5	4	4	4.20	มาก
ประเด็นที่ 3 สาระการเรียนรู้								
3.1	มีความถูกต้อง	5	3	5	5	4	4.40	มาก
3.2	เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	4	5	4	4.40	มาก
3.3	เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1	ขั้นการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้	5	2	5	5	4	4.20	มาก
4.2	ขั้นสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.3	ขั้นค้นหาหลักฐาน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.4	ขั้นการสร้างข้อโต้แย้ง	5	1	5	5	4	4.00	มาก
4.5	เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.6	กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	5	3	3	4	4	3.80	มาก
4.7	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	3	5	5	4	4.40	มาก

ตาราง ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 5 สื่อการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	2	4	5	4	4.00	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	3	5	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	3	4	5	4	4.20	มาก
ประเด็นที่ 6 วิธีการวัดผลและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	3	5	5	4	4.40	มาก
6.2 การวัดที่ระบุไว้ สามารถประเมินได้	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
เฉลี่ย	5.00	3.05	4.76	4.84	4.00	4.33	มาก

ตาราง ข-4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

รายการประเมิน		ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 1 สาระสำคัญ								
1.1	มีความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
1.2	มีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1	ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	4	5	5	4	4.60	มาก
2.2	ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3 สาระการเรียนรู้								
3.1	มีความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
3.2	เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	มาก
3.3	เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1	ขั้นการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้	5	3	4	5	4	4.20	มาก
4.2	ขั้นสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.3	ขั้นค้นหาหลักฐาน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.4	ขั้นการสร้างข้อโต้แย้ง	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.5	เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.6	กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	5	4	4	4	4	4.20	มาก
4.7	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	3	5	5	4	4.40	มาก

ตาราง ข-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 5 สื่อการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	3	5	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	3	5	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	4	4	5	4	4.40	มาก
ประเด็นที่ 6 วิธีการวัดผลและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	3	4	5	4	4.20	มาก
6.2 การวัดที่ระบุไว้ สามารถประเมินได้	5	3	5	5	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.53	4.79	4.84	4.00	4.43	มาก

ตาราง ข-5 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

รายการประเมิน		ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 1 สาระสำคัญ								
1.1	มีความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
1.2	มีความชัดเจนในเนื้อหา	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1	ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
2.2	ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	4	5	4	4	4.40	มาก
ประเด็นที่ 3 สาระการเรียนรู้								
3.1	มีความถูกต้อง	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2	เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3	เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1	ขั้นการจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.2	ขั้นสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้	5	3	4	5	4	4.20	มาก
4.3	ขั้นค้นหาหลักฐาน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.4	ขั้นการสร้างข้อโต้แย้ง	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.5	เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	5	5	4	4.40	มาก
4.6	กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4.7	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด

ตาราง ข-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ประเด็นที่ 5 สื่อการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	3	4	5	4	4.20	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
ประเด็นที่ 6 วิธีการวัดผลและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	3	5	5	4	4.40	มาก
6.2 การวัดที่ระบุไว้ สามารถประเมินได้	5	3	5	5	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.47	4.89	4.95	4.16	4.49	มาก

ตาราง ข-6 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1							
1 แบบประเมินมีความชัดเจน	5	3	5	4	4	4.20	มาก
2 เกณฑ์การประเมินใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	5	4	5	4	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.50	5.00	4.00	4.00	4.30	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2							
1 แบบประเมินมีความชัดเจน	5	4	5	5	4	4.60	มาก
2 เกณฑ์การประเมินใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	มาก
เฉลี่ย	5.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.60	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3							
1 แบบประเมินมีความชัดเจน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
2 เกณฑ์การประเมินใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	5	3	5	5	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.00	5.00	5.00	4.00	4.40	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4							
1 แบบประเมินมีความชัดเจน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
2 เกณฑ์การประเมินใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	5	3	5	5	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.00	5.00	5.00	4.00	4.40	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5							
1 แบบประเมินมีความชัดเจน	5	3	5	5	4	4.40	มาก
2 เกณฑ์การประเมินใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	5	3	5	4	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.00	5.00	4.50	4.00	4.30	มาก

คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. การประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัด

ตาราง ข-7 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ฉบับที่ 1							
ข้อที่ 1 “โรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู”							
1. ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. เกณฑ์การให้คะแนนและแนวคำตอบสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ใช้ได้
ข้อที่ 2 “กลิ่นไหม้”							
1. ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. เกณฑ์การให้คะแนนและแนวคำตอบสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ใช้ได้

ตาราง ข-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ข้อที่ 3 “กินเผ็ด แก้อย่างไร”							
1. ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. เกณฑ์การให้คะแนนและแนวคำตอบสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ใช้ได้
ฉบับที่ 2							
ข้อที่ 1 “โรคเก๊าท์ (Gout)”							
1. ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. เกณฑ์การให้คะแนนและแนวคำตอบสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ใช้ได้

ตาราง ข-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ข้อที่ 2 “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)”							
1. ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. เกณฑ์การให้คะแนนและแนวคำตอบสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
เฉลี่ย	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.90	ใช้ได้
ข้อที่ 3 “สเลอปี้ (Slurpee)”							
1. ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. เกณฑ์การให้คะแนนและแนวคำตอบสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	0	0	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	0.80	ใช้ได้

2. ความเหมาะสมของแบบวัด

ตาราง ข-8 ความเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ฉบับที่ 1							
ข้อที่ 1 “โรคติดเชื้อพยาธิตืดหมู”							
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของข้อคำถาม	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	5	3	4	5	4	4.20	มาก
เฉลี่ย	5.00	4.33	4.67	5.00	4.00	4.60	มากที่สุด
ข้อที่ 2 “กลิ่นไหม้”							
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์	5	5	5	4	4	4.60	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของข้อคำถาม	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
เฉลี่ย	5.00	4.67	5.00	4.67	4.00	4.67	มากที่สุด
ข้อที่ 3 “กินเผ็ด แก้อย่างไร”							
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์	5	5	5	4	4	4.60	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของข้อคำถาม	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	5	4	4	5	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	4.67	4.67	4.67	4.00	4.60	มากที่สุด

ตาราง ข-8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ฉบับที่ 2							
ข้อที่ 1 “โรคเก๊าท์ (Gout)”							
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์	5	4	5	4	4	4.40	มาก
2. ความเหมาะสมของข้อคำถาม	5	4	4	5	4	4.40	มาก
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
เฉลี่ย	5.00	4.00	4.67	4.67	4.00	4.47	มาก
ข้อที่ 2 “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)”							
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของข้อคำถาม	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	5	4	4	5	4	4.40	มาก
เฉลี่ย	5.00	4.67	4.67	5.00	4.67	4.80	มากที่สุด
ข้อที่ 3 “สเลอปี้ (Slurpee)”							
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์	5	4	5	4	4	4.40	มาก
2. ความเหมาะสมของข้อคำถาม	5	4	4	5	4	4.40	มาก
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	5	3	3	4	4	3.80	มาก
เฉลี่ย	5.00	3.76	4.00	4.33	4.00	4.20	มาก

3. การประเมินความยากและอำนาจจำแนกของข้อคำถาม

ตาราง ข-9 ความยากและอำนาจจำแนกของข้อความในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา	ใช้เป็นข้อที่
ฉบับที่ 1						
1	0.28	ค่อนข้างยาก	0.56	จำแนกดีมาก	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
2	0.42	ปานกลาง	0.50	จำแนกดีมาก	ใช้ได้	1
3	0.32	ค่อนข้างยาก	0.58	จำแนกดีมาก	ใช้ได้	2
ฉบับที่ 2						
1	0.32	ค่อนข้างยาก	0.63	จำแนกดีมาก	ใช้ได้	1
2	0.46	ปานกลาง	0.53	จำแนกดีมาก	ใช้ได้	2
3	0.29	ค่อนข้างยาก	0.58	จำแนกดีมาก	ใช้ได้	ตัดทิ้ง

4. การประเมินค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดทั้งฉบับและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดฉบับที่ 1 ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.71
2. ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดฉบับที่ 2 ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.77
3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ เท่ากับ 0.844 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง ข-10 ผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

รหัสนักเรียน	ก่อนเรียน						
	ข้อที่ 1			ข้อที่ 2			
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	รวม
S2	1	0	0	2	0	0	3
S3	2	0	0	0	0	0	2
S4	1	0	1	2	0	0	4
S5	0	0	0	1	0	0	1
S6	1	1	0	1	0	0	3
S7	0	0	0	0	0	0	0
S8	0	0	0	0	0	0	0
S9	0	0	0	2	0	0	2
S10	1	0	0	1	0	0	2
S11	0	0	0	0	0	0	0
S12	0	0	0	0	0	0	0
S13	0	0	0	1	0	0	1
S14	1	0	0	0	0	0	1
S15	1	1	0	1	0	0	3
S16	0	1	0	1	0	0	2
S17	1	0	0	2	0	0	3
S18	1	1	0	2	0	0	4
S19	1	0	0	0	0	0	1
S20	0	0	0	0	0	0	0
S21	0	0	0	2	0	0	2
S22	1	0	0	0	0	0	1

ตาราง ข-10 (ต่อ)

รหัสนักเรียน	ก่อนเรียน						
	ข้อที่ 1			ข้อที่ 2			รวม
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	
S23	1	2	0	1	0	0	4
S24	1	1	0	1	0	0	3
S25	1	0	0	0	0	0	1
S26	1	1	0	0	0	0	2
S27	1	2	0	0	0	0	3
S28	0	1	0	2	0	0	3
S29	2	0	0	0	0	0	2
S31	0	0	0	0	0	0	0
S32	1	1	0	0	0	0	2
S33	1	0	0	0	0	0	1
S34	1	0	0	0	0	0	1
S35	0	0	0	1	0	0	1
S36	1	0	0	0	0	0	1
S37	1	0	0	0	1	0	2
S38	1	0	0	2	0	0	3
S39	1	0	0	2	0	0	3
S40	1	0	0	0	0	0	1
$\bar{x}$	0.71	0.32	0.03	0.71	0.03	0.00	1.79
$S.D.$	0.57	0.57	0.16	0.84	0.16	0.00	1.21

ตาราง ข-11 ผลคะแนนการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

รหัสนักเรียน	หลังเรียน						
	ข้อที่ 1			ข้อที่ 2			
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	รวม
S2	0	0	0	2	2	2	6
S3	1	1	0	2	2	2	8
S4	0	0	0	1	2	2	5
S5	0	1	0	2	2	1	6
S6	0	2	0	2	0	1	5
S7	0	2	2	2	2	2	10
S8	1	1	0	2	0	2	6
S9	2	1	0	2	2	0	7
S10	1	1	0	2	2	0	6
S11	2	1	1	2	2	0	8
S12	0	0	0	2	2	0	4
S13	0	0	0	2	2	1	5
S14	2	1	0	2	0	1	6
S15	0	0	0	2	2	2	6
S16	0	0	0	2	2	1	5
S17	1	1	0	2	2	2	8
S18	0	0	0	2	2	1	5
S19	0	0	0	2	0	1	3
S20	1	2	2	2	2	2	11
S21	2	0	0	1	0	0	3
S22	0	0	0	2	2	0	4
S23	0	0	0	2	1	1	4

ตาราง ข-11 (ต่อ)

รหัสนักเรียน	หลังเรียน						
	ข้อที่ 1			ข้อที่ 2			รวม
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	
S24	0	0	0	2	1	0	3
S25	2	0	0	2	0	1	5
S26	0	2	0	2	0	0	4
S27	1	0	0	2	2	0	5
S28	1	0	0	2	1	0	4
S29	0	0	0	2	0	2	4
S31	0	0	0	2	1	0	3
S32	0	0	0	2	0	0	2
S33	0	0	0	2	2	0	4
S34	2	0	0	2	2	0	6
S35	2	0	0	2	0	2	6
S36	0	0	0	2	0	2	4
S37	0	1	1	2	2	1	7
S38	0	1	1	2	2	1	7
S39	1	0	0	2	2	0	5
S40	0	0	0	2	0	2	4
$\bar{x}$	0.58	0.47	0.18	1.95	1.26	0.92	5.37
$S.D.$	0.79	0.69	0.51	0.23	0.92	0.85	1.92

ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

ตาราง ข-12 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (Paired sample t-test)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post test	5.37	38	1.92	0.31
	Pre test	1.79	38	1.21	0.20

Paired Samples Statistics

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Post test & Pre test	38	-0.198	0.234

Paired Samples Statistics

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post test - Pre test	3.579	2.467	0.400

Paired Samples Statistics

		Paired Differences				
		95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
		Lower	Upper			
Pair 1	Post test - Pre test	2.768	4.390	8.941	37	0.00

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านข้อมูลจากบทความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามให้ถูกต้อง

บทความที่ 1 “กลิ่นไหม้”

วันที่ 21 มี.ค. 2567 ช่วงกลางคืนในหลายพื้นที่ของกรุงเทพฯ และปริมณฑล มีบรรยากาศคล้ายกับถูกหมอกควันปกคลุม และมีประชาชนแจ้งว่าได้กลิ่นเหม็นไหม้เป็นจำนวนมาก เมื่อลงพื้นที่สำรวจในหลายจุด มีหมอกควันปกคลุมอย่างเห็นได้ชัดเจน จากการสอบถามพนักงานเติมน้ำมันในสถานบริการน้ำมันแห่งหนึ่งบนถนนวิภาวดีรังสิต ได้รับข้อมูลว่าเมื่อเวลาประมาณ 21.00 น. ขณะปฏิบัติงานกลางแจ้งภายในปั๊มน้ำมัน ตนเองได้กลิ่นคล้ายกลิ่นไหม้ก่อนจะมีหมอกควันหนาปกคลุม ซึ่งไม่รู้ว่ากลิ่นหรือหมอกควันดังกล่าวมีสาเหตุมาจากอะไร

จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศพบว่า ช่วงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบค่าฝุ่น PM 2.5 พุ่งสูงหลายพื้นที่ในกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง สภาพอากาศนิ่ง(ความเร็วลมเฉลี่ย 10-15 m/s) อีกทั้งยังพบจุดความร้อนจากประเทศเพื่อนบ้านพุ่งขึ้นสูงในหลายพื้นที่ ประกอบกับช่วงนี้อากาศแปรปรวนเนื่องจากพายุฤดูร้อนทำให้ความสูงของชั้นบรรยากาศลดลงส่งผลต่อการสะสมตัวของฝุ่นละอองที่มากขึ้น และจากการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมพบว่ากลิ่นที่คล้ายกลิ่นไหม้สามารถเกิดจากโมเลกุลของน้ำไปจับกับก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อน เช่น แก๊ส SO_2 จะรวมตัวกลายเป็นสารละลายกรดกำมะถันที่มีกลิ่นคล้ายควันหรือกลิ่นไหม้ที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพและทรัพย์สินได้หากมีปริมาณที่มากเกินไป โดยคุณภาพอากาศในระดับปานกลาง ปริมาณ SO_2 อยู่ในช่วง 201-300 ppb ปริมาณฝุ่น PM2.5 อยู่ในช่วง 38-50 AQI US และความชื้นในบรรยากาศเฉลี่ย 40-60 %RH

วันที่	อุณหภูมิของอากาศ (^{O}C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	ปริมาณ SO_2 (ppb)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณฝุ่น PM2.5 (AQI)
19/03/67	30	40	115	12	145
20/03/67	30	54	150	10	140
21/03/67	31	71	120	13	151
22/03/67	32	75	170	14	155

ในวันที่ 22 มีนาคม 2567 นักเรียนคิดว่าประชาชนจะได้กลิ่นไหม้หรือไม่ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดในบทความนี้ที่มาสนับสนุนคำตอบนั้น

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

“กลิ่นไหม้”	
แนวคำตอบ	ได้กลิ่นไหม้ เพราะ ในวันที่ 22 มีนาคม 2567 มีความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้ปริมาณไอน้ำอากาศสามารถจะจับกับแก๊ส SO_2 เกิดเป็นสารละลายกรดกำมะถันในปริมาณที่สามารถได้กลิ่นไหม้ได้โดยอ้างอิงจากความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าปกติของวันที่ 21 มีนาคม 2567 ดังนั้นประชาชนจึงได้กลิ่นไหม้
ข้อกล่าวอ้าง **หลักฐาน** **การให้เหตุผล**	ได้กลิ่นไหม้ มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปกติ ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปกติทำให้ปริมาณไอน้ำอากาศสามารถจะจับกับแก๊ส SO_2 เกิดเป็นสารละลายกรดกำมะถันที่มีกลิ่นไหม้

คะแนน	**ตัวอย่างคำตอบ**
ข้อกล่าวอ้าง	
2	สามารถให้ข้อกล่าวอ้างถูกต้องสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น - ได้กลิ่นไหม้ - ได้กลิ่นคล้ายควัน
1	สามารถให้ข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น - ได้กลิ่น - อาจจะได้กลิ่นไหม้
0	ไม่สามารถให้ข้อกล่าวอ้าง หรือสร้างข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - ไม่ได้กลิ่นไหม้ - ไม่ได้กลิ่น
หลักฐาน	
2	สามารถให้หลักฐานอย่างเหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ตัวอย่างเช่น - วันที่ 22 มีนาคม 2567 มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปกติ - ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปกติ - ปริมาณไอน้ำในอากาศสูงกว่าปกติ
1	สามารถให้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อาจมีหลักฐานที่ไม่เหมาะสมบางส่วน ตัวอย่างเช่น - ความชื้นสัมพัทธ์ - ปริมาณไอน้ำในอากาศ
0	ไม่สามารถให้หลักฐาน หรือให้หลักฐานที่ไม่เหมาะสม (ไม่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง) ตัวอย่างเช่น - จุดความร้อนจากประเทศเพื่อนบ้าน

	- ปริมาณ SO_2 สูงที่สุด - ความสูงของชั้นบรรยากาศลดต่ำลง
การให้เหตุผล	
2	สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างซึ่งมีหลักการที่เหมาะสมและเพียงพอ ตัวอย่างเช่น - ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปกติทำให้ปริมาณไอน้ำอากาศสามารถจะจับกับแก๊ส SO_2 เกิดเป็นสารละลายกรดกำมะถันที่เหมือนกลิ่นไหม้ - ปริมาณไอน้ำอากาศมีค่ามากจึงสามารถจะจับกับแก๊ส SO_2 เกิดเป็นสารละลายกรดกำมะถันเหมือนกลิ่นไหม้
1	สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง มีการกล่าวถึงหลักฐานและ/หรือมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ซ้ำแต่ไม่เพียงพอ ตัวอย่างเช่น - ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าปกติจึงมีกลิ่นไหม้ - ไอน้ำกับแก๊ส SO_2 รวมกันได้กรดกำมะถัน
0	ไม่สามารถให้เหตุผล หรือให้เหตุผลแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ ตัวอย่างเช่น - ปริมาณฝุ่น PM2.5 ทำให้มีปริมาณ SO_2 มาก - อุณหภูมิส่งผลต่อการรวมตัวของไอน้ำกับ SO_2 - ความเร็วลมมากทำให้พัดควันจากจุดความร้อนของประเทศเพื่อนบ้านเข้ามาทำให้ได้รับกลิ่นไหม้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เพิ่มเติม)
รายวิชา เคมี 4 รหัสวิชา ว32222 หน่วยการเรียนรู้ กรด-เบส
เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส เวลาที่ใช้ 100 นาที
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2567
ผู้สอน นางสาวธนวรรณ เทียนศรี

1. ผลการเรียนรู้

18. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และ ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

2. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายกรดและเบส เรียกว่า ปฏิกิริยาสะเทิน (Neutralization reaction) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือและน้ำ โดยสารละลายหลังจากการสะเทินอาจมีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเบส ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยากัน ในสารละลายกรดกับสารละลายเบสที่มีจำนวนโมลเท่ากัน เมื่อกรดแก่กับเบสอ่อนทำปฏิกิริยากันจะมีไฮโดรเนียมไอออนเหลืออยู่สารละลายจะแสดงสมบัติเป็นกรด เมื่อกรดอ่อนกับเบสแก่ทำปฏิกิริยากันจะมีไฮดรอกไซด์ไอออนเหลืออยู่ สารละลายจะแสดงสมบัติเป็นเบส และเมื่อกรดแก่กับเบสแก่ทำปฏิกิริยากันจะไม่มีไอออนของกรดหรือเบสเหลืออยู่จึงไม่แสดงสมบัติความเป็นกรดหรือเบสสารละลายนั้นจะมีสมบัติเป็นกลาง ส่วนน้ำได้จากไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) จากกรดทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) จากเบส

3. สาระการเรียนรู้

ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อนให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นเบส

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้นี้แล้ว นักเรียนสามารถ

4.1 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินได้ (K)

4.2 ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทินได้ (K)

4.3 สร้างคำอธิบายการลดกรดเกินในกระเพาะอาหารด้วยยาลดกรดได้ (P)

4.4 สนใจใฝ่รู้ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ (A)

4.5 มีเหตุผลในการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (A)

4.6 ใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของผู้อื่นเกี่ยวกับหลักฐานจากการสืบเสาะและแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ (A)

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI)

5.1 การเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้

5.1.1 ครูกำหนดขอบเขตของเนื้อหา ได้แก่ ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

5.1.2 ครูสร้างหรือคัดเลือกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สถานการณ์ “ยาลดกรด” และเตรียมประเด็นคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นสำคัญของแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมฯ

5.1.3 ครูจัดเตรียมสื่อและอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

5.1.4 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5 คน เพื่อศึกษาสถานการณ์ “ยาลดกรด” และตอบคำถามจากสถานการณ์ว่า “ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ”

5.1.5 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส” ให้กับนักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด และอธิบายลักษณะของกิจกรรมแต่ละขั้นให้นักเรียนเข้าใจ

5.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5.2.1. การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ (30 นาที)

5.2.1.1 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนเพื่อทบทวนความรู้พื้นฐาน ดังนี้

- กรดแก่ หมายถึงอะไร จงยกตัวอย่าง

  (กรดแก่ คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็น ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น HCl)
- กรดอ่อน หมายถึงอะไร จงยกตัวอย่าง

  (กรดอ่อน คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็น ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ไม่สมบูรณ์ เช่น HF)
- เบสแก่ หมายถึงอะไร จงยกตัวอย่าง

  (เบสแก่ คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็น ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น NaOH , LiOH , KOH , $Ca(OH)_2$)
- เบสแก่ หมายถึงอะไร จงยกตัวอย่าง

  (เบสแก่ คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็น ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$)

5.2.1.2 ครูนำเสนอสถานการณ์ เพื่อสร้างความสนใจและตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหา

คนที่มีนิสัยรับประทานอาหารรสจัด รับประทานอาหารไม่ตรงเวลา ชอบดื่มกาแฟ กินยาแก้ปวดชนิดกัดกระเพาะตอนท้องว่างอยู่บ่อยๆ สูบบุหรี่ดื่มน้ำอัดลม มีความเครียดสะสม วิตกกังวลเป็นประจำ อาการหนึ่งที่คนกลุ่มนี้มักจะพบ คือ อาการปวดท้องจากกรดเกินที่กระเพาะอาหาร ซึ่งอาจนำไปสู่โรคแผลในกระเพาะอาหาร แผลที่ลำไส้เล็กส่วนต้น หรือกรดไหลย้อนได้ในอนาคต โดยยาที่ใช้บรรเทาอาการดังกล่าว หนึ่งในนั้นคงหนีไม่พ้นยาในกลุ่ม “ยาลดกรด”

ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่ออธิบายว่า “ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ”

- ในกระเพาะอาหารมีกรดชนิดใด และเป็นกรดแก่ หรือกรดอ่อน
- นักเรียนคิดว่า ในยาลดกรดควรมีสารที่มีสมบัติใดที่ทำให้ลดกรดเกินในกระเพาะได้
- สารชนิดนั้นจะสามารถลดกรดเกินในกระเพาะได้อย่างไร
- นักเรียนจะมีวิธีการใดที่สามารถอธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสของสารละลายได้บ้าง

นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การสร้างแบบจำลองในใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส”

5.2.2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (15 นาที)

5.2.2.1 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้

- จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น นักเรียนจะทำนายสมบัติของสารละลายว่าเป็นกรด เบส หรือกลางได้อย่างไร

(ถ้าสารละลายมีไฮโดรเนียมไอออนหรือโปรตอนแสดงว่าเป็นกรด ถ้ามีไฮดรอกไซด์ไอออนแสดงว่าเป็นเบส แต่ถ้าไม่มีไฮโดรเนียมหรือไฮดรอกไซด์ไอออนจะเป็นกลาง)

- เราจะตรวจสอบปริมาณของไฮโดรเนียมไอออนในสารละลายได้อย่างไร

(ตรวจสอบค่า pH, ตรวจสอบโดยใช้กระดาษลิตมัส, ตรวจสอบโดยใช้อินดิเคเตอร์)

- ถ้าใช้กระดาษลิตมัสตรวจสอบ นักเรียนจะแปลผลการตรวจสอบอย่างไร

(ถ้ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีในช่วง pH < 7 แสดงว่าสารละลายมีสมบัติเป็นกรด ถ้ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีในช่วง pH > 7 แสดงว่าสารละลายมีสมบัติเป็นเบส ถ้ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีที่ pH = 7 แสดงว่าสารละลายมีสมบัติเป็นกลาง)

5.2.2.2 นักเรียนแต่ะกลุ่มร่วมกันสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำ

(ตัวอย่างเช่น ถ้ายาลดกรดสามารถลดกรดได้ ดังนั้น pH ของสารละลายหลังผสมระหว่าง HCl กับยาลดกรดจะมี pH สูงขึ้นแต่ยังอยู่ในช่วง pH < 7)

5.2.3. ค้นหาหลักฐาน (25 นาที)

5.2.3.1 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนออกแบบการทดสอบสำหรับตรวจสอบสมมติฐานได้ โดยมีประเด็นคำถามดังนี้

- นักเรียนกำลังทำการตรวจสอบเรื่องใด

(สมบัติของสารละลายหลังการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ ยาลดกรด)

- สิ่งที่นักเรียนจะต้องบันทึกจากการทดลองนี้คืออะไร

(การเปลี่ยนสีของกระดาษลิสมัต)

- นักเรียนมีขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นมาได้อย่างไร

(1. ทดสอบค่า pH ของสารละลาย HCl โดยใช้กระดาษลิตมัสและบันทึกผล

(2. นำสารละลาย HCl ผสมกับยาลดกรด และนำสารละลายที่ได้ไปทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

(3. สังเกตสีกระดาษลิตมัสที่เปลี่ยนแปลงและบันทึกผลการทดลอง)

- สิ่งที่นักเรียนจะต้องควบคุมเพื่อให้การทดลองน่าเชื่อถือคืออะไรบ้าง

(ปริมาณสาร อุณหภูมิขณะทำการทดลอง)

5.2.3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการค้นหาหลักฐานจากการทดลองที่ได้ออกแบบร่วมกันและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส”

5.2.4. การสร้างข้อโต้แย้ง (30 นาที)

5.2.4.1 ครูสร้างประเด็นคำถามเพื่อสร้างประเด็นอภิปราย ดังนี้

- จากการทดสอบสมมติฐานได้ผลอย่างไรบ้าง

(ปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับยาลดกรด พบว่ากระดาษลิตมัสมี pH สูงขึ้นแต่ยังอยู่ในช่วง pH < 7 ดังนั้น สารละลายหลังการสะเทินจึงเป็นกรด)

- หลักฐานค้นพบตรงกับสมมติฐานหรือไม่ อย่างไร

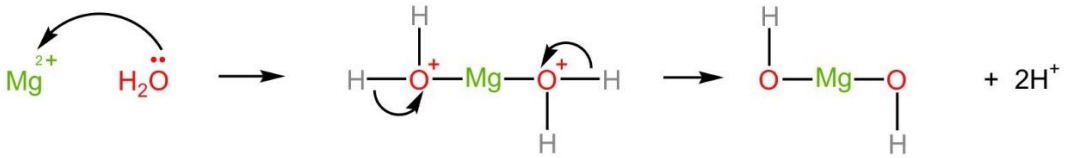
และครูใช้ประเด็นคำถามจนเกิดการให้เกิดเหตุผลในการอภิปรายดังนี้

ปฏิกิริยาระหว่างกรดในกระเพาะอาหาร : HCl กับยาลดกรด : $Al(OH)_3$

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น : $3HCl(aq) + Mg(OH)_2(aq) \rightarrow MgCl_2(s) + 6H_2O(l)$

เหตุผล/ข้อโต้แย้ง : เมื่อกรดทำปฏิกิริยากับเบสจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือและน้ำ เรียกว่าปฏิกิริยาสะเทิน เนื่องจาก HCl เป็นกรด แตกตัวได้ H^+ และ Cl^- ส่วน $Mg(OH)_3$ เป็นเบส แตกตัวได้ OH^- และ Mg^{2+} จากนั้น H^+ จะทำปฏิกิริยากับ OH^- เกิดผลิตภัณฑ์เป็น H_2O และ Mg^{2+} ทำปฏิกิริยากับ Cl^- ได้ผลิตภัณฑ์เป็น $MgCl_2$ หรือเรียกว่า “เกลือ” ซึ่งเกลือ $MgCl_2$ เมื่ออยู่ในสารละลายสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ Mg^{2+}และ Cl^- โดย Cl^- ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่ Mg^{2+} สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ นั่นคือ Mg^{2+} จะรับอิเล็กตรอนจากน้ำ เกิดผลิตภัณฑ์เป็น H^+ ได้ดังสมการ

$$Mg^{2+} + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + 2H^+$$



5.2.4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและสร้างเหตุผลของข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นจากการอภิปรายร่วมกันลงในใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส”

5.2.4.4 นักเรียนแต่ละคนทำใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส” ข้อที่ 5 การสร้างคำอธิบาย เพื่ออธิบายว่ายาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

5.2.4.5 นักเรียนทำอนุทินสะท้อนผลการเรียนรู้ และแบบทดสอบหลังเรียนผ่านโปรแกรมมสำเร็จรูป google form

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 โปรแกรม power point เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

6.2 สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง ได้แก่ HCl ยาลดกรด บีกเกอร์ ดรอปเปอร์ แท่งแก้ว คนสาร จานหลุม กระดาษลิสมัต กระจกนาฬิกา

6.3 ใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส”

6.4 โปรแกรมสำเร็จรูป google form เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

7. บันทึกหลังสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้สอน

(นางสาวธนวรรณ เทียนศรี)

ผู้วิจัย

<u>แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์</u>

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนความสามารถแต่ละองค์ประกอบ			รวม (6 คะแนน)	ระดับความสามารถ
		ข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	หลักฐาน (2 คะแนน)	การให้เหตุผล (2 คะแนน)		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนความสามารถแต่ละองค์ประกอบ			รวม (6 คะแนน)	ระดับความสามารถ
		ข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	หลักฐาน (2 คะแนน)	การให้เหตุผล (2 คะแนน)		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ตัวอย่างใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 1 “ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส”

คำชี้แจง : ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้ และร่วมกันศึกษาการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส (ปฏิกิริยาสะเทิน) ต่อไปนี้ เพื่อทดสอบสมบัติของสารละลายหลังการสะเทิน

สถานการณ์ : ยาลดกรด

คนที่มีนิสัยรับประทานอาหารรสจัด รับประทานอาหารไม่ตรงเวลา ชอบดื่มกาแฟ กินยาแก้ปวดชนิดกัดกระเพาะตอนท้องว่างอยู่บ่อยๆ สูบบุหรี่ดื่มน้ำอัดลม มีความเครียดสะสม วิตกกังวลเป็นประจำ อาการหนึ่งที่คนกลุ่มนี้มักจะพบ คือ อาการปวดท้องจากกรดเกินที่กระเพาะอาหาร ซึ่งอาจนำไปสู่โรคแผลในกระเพาะอาหาร แผลที่ลำไส้เล็กส่วนต้น หรือกรดไหลย้อนได้ในอนาคต โดยยาที่ใช้บรรเทาอาการดังกล่าว หนึ่งในนั้นคงหนีไม่พ้นยาในกลุ่ม “ยาลดกรด”

ให้นักเรียนทำการทำการสืบเสาะเพื่ออธิบายว่า “ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ”

1. สร้างแบบจำลองเบื้องต้น

แบบจำลอง

2. สร้างสมมติฐาน

.....

.....

3. ค้นหาหลักฐาน

ที่	ข้อมูล
1	
2	
3	

4. สร้างเหตุผล/ข้อโต้แย้ง

แบบจำลอง

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น : .....

เหตุผล/ข้อโต้แย้ง : .....

.....

.....

.....

ชื่อ-สกุล .....

ชั้น ..... เลขที่ .....

5. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ยาลดกรดสามารถแก้ปัญหาอาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้หรือไม่อย่างไร พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

1) ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)

.....

2) หลักฐาน

.....

3) การให้เหตุผล

.....

.....

.....

4) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบประเมินใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

“ยาลดกรด”	
แนวคำตอบ	ยาลดกรดทำงานโดยหลักการทางเคมีที่เรียกว่า การทำปฏิกิริยาสะเทิน โดยยาลดกรดมีสารที่มีฤทธิ์เป็นเบสจะทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดในกระเพาะอาหารเกิดผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ ทำให้ค่าความเป็นกรดในกระเพาะอาหารลดลง ดังนั้น ยาลดกรดจึงสามารถแก้อาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้
ข้อกล่าวอ้าง **หลักฐาน** **การให้เหตุผล**	ยาลดกรดสามารถแก้อาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้ ความเป็นกรดในกระเพาะอาหารลดลง การทำปฏิกิริยาสะเทิน
คะแนน	**ตัวอย่างคำตอบ**
ข้อกล่าวอ้าง	
2	สามารถให้ข้อกล่าวอ้างถูกต้องสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น - ยาลดกรดสามารถแก้อาการปวดท้องเนื่องจากกรดเกินในกระเพาะอาหารได้ - แก้อาการปวดท้องได้ - สามารถลดกรดได้
1	สามารถให้ข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น - ได้ - อาจจะลดได้
0	ไม่สามารถให้ข้อกล่าวอ้าง หรือสร้างข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - ลดกรดไม่ได้ - ไม่ได้/อาจจะไม่ได้
หลักฐาน	
2	สามารถให้หลักฐานอย่างเหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ตัวอย่างเช่น - ค่าความเป็นกรดลดลง - ค่า pH เพิ่มขึ้น
1	สามารถให้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อาจมีหลักฐานที่ไม่เหมาะสมบางส่วน ตัวอย่างเช่น - สังเกตจากค่า pH - กระดาษลิตมัสเปลี่ยนสี
0	ไม่สามารถให้หลักฐาน หรือให้หลักฐานที่ไม่เหมาะสม (ไม่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง) ตัวอย่างเช่น - ผสมกันแล้วเป็นกลาง

การให้เหตุผล	
2	สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างซึ่งมีหลักการที่เหมาะสมและเพียงพอ ตัวอย่างเช่น - เกิดปฏิกิริยาสะเทินระหว่างยาลดกรดที่มีฤทธิ์เป็นเบสกับกรดในกระเพาะอาหาร - เกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสในยาลดกรดทำให้ค่าความเป็นกรดในกระเพาะอาหารลดลง ดังสมการ $Mg(OH)_2 + HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O$
1	สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง มีการกล่าวถึงหลักฐานและ/หรือมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ซ้ำแต่ไม่เพียงพอ ตัวอย่างเช่น - ยาลดกรดมีสมบัติเป็นเบส - ยาลดกรดสามารถสะเทินความเป็นกรดให้เจือจางได้
0	ไม่สามารถให้เหตุผล หรือให้เหตุผลแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ ตัวอย่างเช่น - ยาลดกรดทำปฏิกิริยากับกรด HCl ในกระเพาะอาหารเปลี่ยนน้ำและเกลือ - กรดผสมเบสได้สารละลายเป็นกลาง

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธนวรรณ เทียนศรี

วัน เดือน ปี เกิด 28 พฤษภาคม 2544

สถานที่เกิด จังหวัดสิงห์บุรี

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 190/6 หมู่ 1 ตำบลบางกระบือ อำเภอเมืองสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2565 ปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ)
สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2568 ปริญญาโท หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.)
สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY