การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

THE DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 5TH STUDENT'S INTEGRATED SCIENTIFIC PROCESS SKILLS USING LABORATORY-BASED

โดย

ปองดี ไชยจันดา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีการศึกษา 2558

THE DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 5TH STUDENT'S INTEGRATED SCIENTIFIC PROCESS SKILLS USING LABORATORY-BASED

BY

PONGDEE CHAIJUNDA

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF MASTER OF ARTS IN TEACHING SCIENCE

FACULTY OF EDUCATION

GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

โดย

นายปองดี ไชยจันดา

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีการศึกษา 2558

รศ.ดร.บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล	ดร.ธนาวรรณ อัศวราชันย์
ประธานกรรมการสอบ	กรรมการ

ผศ.ดร. บุณยรัศมิ์ สุขเขียว
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ร.ต.หญิง ดร.วรรณี ศุขสาตร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
19 พฤษภาคม 2559

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Thesis entitled

THE DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 5TH STUDENT'S INTEGRATED SCIENTIFIC PROCESS SKILLS USING LABORATORY-BASED

by

PONGDEE CHAIJUNDA

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Arts in Teaching Science

Rangsit University
Academic Year 2015

Boon-ek Yingyongnarongkul

Assoc.Prof. Dr. Boon-ek Yingyongnarongkul
Examination Committee Chairperson

Dr. Tanawan Asawarachan
Member

Asst.Prof. Dr. Boonyaras Sookkheo
Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst.Prof.Plt.Off. Vannee Sooksatra, D.Eng.)
Dean of Graduate School
May 19, 2016

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.บุณยรัศมิ์ สุขเขียว และ อ.หฤทัย ฐานนันท์ อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลา ให้คำปรึกษา รวมทั้งการติดตามผลการดำเนินงานอย่างใกล้ชิด ขอบคุณ ผศ.ดร.สุภกร บุญยืน อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ดร.ศรีสมร พุ่มสะอาด อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต และ อ.สุกัญญา กล่อมเกลี้ยง ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการแก้ไขเครื่องมือที่วิจัย อ.วุฒิกร จันทร์มาก ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ครูพี่เลี้ยงและเป็นผู้ช่วยวิจัยที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านการเตรียมการสอนการประสานงานภายในโรงเรียน ซึ่งทำให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จและเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอขอบคุณ รศ.ดร.บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ได้เสียสละเวลามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ธนาวรรณ อัศวราชันย์ อาจารย์ประจำภาควิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่เสียสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการศึกษาและทำวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบุพการี ครูอาจารย์ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่เป็นกำลังสำคัญยิ่งที่สนับสนุนการศึกษาและทำการวิจัย คุณความดีและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้เป็นสิ่งตอบแทนต่อผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปองดี ไชยจันดา

ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5709889 : สาขาวิชาเอก: การสอนวิทยาศาสตร์; ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ : ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, การเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

ปองดี ไชยจันดา: การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน (THE DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 5TH STUDENT'S INTEGRATED SCIENTIFIC PROCESS SKILLS USING LABORATORY-BASED) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.บุณยรัศมิ์ สุขเขียว, 120 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส และศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนในแต่ละด้าน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนเรียนและหลังเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และบันทึกหลังการสอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบ 2 กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนได้รับการพัฒนาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรมีพัฒนาการมากที่สุดในกลุ่ม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลายมือชื่อนักศึกษา ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

5709889 : MAJOR: TEACHING SCIENCE; M.A. (TEACHING SCIENCE)

KEYWORDS : SCIENTIFIC PROCESS SKILLS, LABORATORY-BASED LEARNING

PONGDEE CHAIJUNDA: THE DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 5TH STUDENT'S INTEGRATED SCIENTIFIC PROCESS SKILLS USING LABORATORY-BASED. THESIS ADVISOR: ASST.PROF.DR.BOONYARAS SOOKKHEO, 120 p.

The purpose of this research were to develop integrated scientific process skills of mathayomsuksa 5th students in chemistry on acid-base by laboratory-based learning and study in progression of student's integrated scientific process skills during the implementation. The research was designed as the action research. The instruments of the research were integrated scientific process skills test using as pre-test and post-test, teaching plans, laboratory reports evaluation form student's diary and teacher's note. All collected data were analyzed by statistical method including mean and standard deviation. The difference between pre-test and post-test were test by t-test dependent samples. The result showed that after laboratory-based learning was applied, the students were able to do post-test better than pre-test on integrated science process skills with significant difference at .01 Student's integrated scientific process skills was developed as the aims of this research. The developing of defining operation skill were found at good level.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Student's Signature ..... Thesis Advisor's Signature .....

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย		**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ฉ**
สารบัญรูป		**ช**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
	1.3 คำถามการวิจัย	4
	1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
	1.5 นิยามศัพท์	5
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2	**ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**7**
	2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	7
	2.2 การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ	12
	2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	**19**
	3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	19
	3.2 รูปแบบการวิจัย	19
	3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
	3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	25
	3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	26
	3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	26

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	**การวิเคราะห์ข้อมูล**	**29**
	4.1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	29
	4.2 ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน	64
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล**	**68**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	68
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย	69
บรรณานุกรม		**74**
ภาคผนวก		**79**
ภาคผนวก ก	รายนามผู้เชี่ยวชาญ	80
ภาคผนวก ข	ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	82
ภาคผนวก ค	ผลการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	113
ประวัติผู้วิจัย		**120**

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงจำนวนข้อที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานแต่ละด้าน	22
3.2	แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การทดลองเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย	22
3.3	แสดงเนื้อหาย่อยและการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 แผน	24
4.1	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 1	29
4.2	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 2	32
4.3	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 3	35
4.4	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 4	38
4.5	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 5	41
4.6	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 6	45
4.7	ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 7	48
4.8	แสดงคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน	64
4.9	แสดงการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน	67

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

3.1	กรอบแนวคิดของการวิจัย	21
4.1	แสดงตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 1	51
4.2	แสดงตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 2	51
4.3	แสดงตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 3	52
4.4	แสดงตัวอย่างการกำหนดตัวแปรของนักเรียนในวงจรที่ 1	53
4.5	แสดงตัวอย่างการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนในวงจรที่ 7	54
4.6	แสดงตัวอย่างการตั้งสมมติฐานของนักเรียนในวงจรที่ 2	55
4.7	แสดงตัวอย่างการตั้งสมมติฐานของนักเรียนในวงจรที่ 3	56
4.8	แสดงตัวอย่างการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนในวงจรที่ 1	57
4.9	แสดงตัวอย่างการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนในวงจรที่ 7	57
4.10	แสดงการวางแผนการทดลองของนักเรียนในวงจรที่ 2	58
4.11	แสดงอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 3	59
4.12	แสดงการวางแผนการทดลองของนักเรียนในวงจรที่ 7	60
4.13	แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลในวงจรที่ 2	61
4.14	แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลในวงจรที่ 3	62
4.15	แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลในวงจรที่ 7	63

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยหลักของการพัฒนาประเทศ ดังนั้น การสร้างกลุ่มบุคคลที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญมาก เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะแสดงความสามารถอันโดดเด่นด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้านอย่างเป็นที่ประจักษ์ เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กอื่นที่มีอายุระดับเดียวกัน สภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์เดียวกัน คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษมี 6 ประการ ได้แก่ สติปัญญาดี มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์สูง มีทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ และมีบุคลิกภาพของนักวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550: 3) ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 มาตรา 22 มาตรา 23 และมาตรา 24 การพัฒนานักเรียนให้สามารถเรียนและแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ครูควรให้นักเรียนมีความสำคัญมากที่สุด เพราะนักเรียน ทุกคนสามารถที่จะเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงไม่ได้มุ่งเฉพาะการถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ที่เรียบเรียงไว้อย่างมีระเบียบ แต่ยังเน้นให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แสวงหาความรู้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์ (Sund and Trowbridge , 1973:2 - 3) ดังนั้นครูควรส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาได้เต็มตามธรรมชาติและศักยภาพ นักเรียนควรได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงโดยครูจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน รวมทั้งคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for The Advancement of Science; AAAS) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 กลุ่ม กล่าวคือ กลุ่มแรกเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตัวเลขจำนวน ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์ กลุ่มต่อมาเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมุติฐาน การกำหนดนิยายเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 9) แต่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมปลายของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่า สถานศึกษาส่วนใหญ่มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้นักเรียนสอบแข่งขันได้คะแนนสูง ๆ และเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาได้ บางสถานศึกษาที่ขาดความพร้อมทางด้านวัสดุและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงเน้นการเรียนแบบบรรยายประกอบสื่อการสอนเท่าที่จะหาได้ตามบริบทของตนเอง และจัดสอนเสริมให้กับนักเรียนแทน สภาพปัญหานี้อาจส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งและต้องอาศัยการปฏิบัติในสถานการณ์จริงเท่านั้น

ดังงานวิจัยของ เยาวเรศ ใจเย็น (2550: 11 - 22) ที่ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จำนวน 90 คน พบว่า นักเรียนที่ขาดทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรและการแปลความหมายและลงข้อสรุปข้อมูล ส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมี สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิวาพร สุวรรณเจริญ (2552: 51 - 52) ที่ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 คน พบว่า จากการใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานทั้ง 5 ทักษะ นักเรียนมีพัฒนาการในภาพรวมดีขึ้น แต่ทักษะการตั้งสมมุติฐานมีพัฒนาการน้อยที่สุดในกลุ่ม เนื่องจากในการปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนไม่ได้ตั้งสมมุติฐานเอง ทำให้ทักษะการตั้งสมมุติฐานไม่ได้รับการฝึกฝนอย่างเพียงพอ นอกจากนี้ สมชาย เลิศพรสุขสวัสดิ์ (2553: 56 - 60) ได้ทำการศึกษาผลการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน พบว่า หลังการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน นักเรียนสามารถทำคะแนนสอบได้มากขึ้น และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความพึงพอใจมากที่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ผ่านชุดฝึกทักษะดังกล่าว

งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เกิดความสำเร็จที่ต้องอาศัยการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ของครูอย่างต่อเนื่อง ซึ่งใช้หลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยพายัพ Payap University

(Action research) ที่ครูเป็นผู้ดำเนินการ เพื่อแก้ปัญหาหรือปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ที่กำลังดำเนินการอยู่ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (รุ่งนภา เอียงอุบล, 2555: 29) โดยขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีอยู่ 4 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) เริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาที่ต้องการให้มีการแก้ไข โดยมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทำให้มองเห็นสภาพของปัญหาชัดเจนขึ้น ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ (Action) เป็นการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์ (Observe) เป็นการใช้เทคนิควิธีต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาช่วย ในการรวบรวมข้อมูล ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมตามที่วางไว้ และขั้นที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการประเมินตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่การปรับปรุงและวางแผนการปฏิบัติต่อไป Kemmis & Mc Taggart (1992: 22 - 25)

จากการสัมภาษณ์ครูพี่เลี้ยงซึ่งเป็นครูชำนาญการ พบว่า การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 เน้นการปฏิบัติการควบคู่กับการบรรยาย นอกจากนี้ การที่นักเรียนได้เรียนวิชาโครงงาน ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อครูตรวจรายงานปฏิบัติการทดลองของนักเรียน พบว่ายังมีนักเรียนอีกจำนวนมากไม่สามารถเขียนรายงานปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้องตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ตั้งแต่การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมุติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง ไปจนถึงการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เนื่องจากนักเรียนขาดความต่อเนื่องในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อให้นักเรียนออกแบบการทำงานและหาคำตอบจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนักเรียนยังทำได้ไม่ดีพอ บ่อยครั้งทำงานไม่เสร็จภายในเวลาที่กำหนด นักเรียนบางส่วนปฏิบัติไม่ถูกต้องตามหลักเทคนิคปฏิบัติการเคมี

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ และวิธีการสอนแบบหนึ่งที่น่าสนใจคือ วิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน (Laboratory-Based Leaning) ที่เป็นวิธีการจัดให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์ตรงในการปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มเล็ก ๆ หรืออาจเป็นรายบุคคล สื่อการสอนที่ใช้ได้แก่ บทเรียนกิจกรรมและบทเรียนปฏิบัติการ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552: 348 - 349) ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับครูและนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาในการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ต่อไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ที่ส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

2) เพื่อประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

1.3 คำถามการวิจัย

1) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการที่ทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานมีลักษณะเป็นอย่างไร

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นอย่างไร เมื่อเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1) สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัยคือโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคเป็นโรงเรียนที่จัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ซึ่งนักเรียนถูกคัดเลือกจากการสอบจากข้อสอบกลางของกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคและเป็นนักเรียนทุนทั้งหมด ดังนั้นระดับความสามารถของนักเรียนจึงมีความแตกต่างกันน้อยกว่าโรงเรียนทั่วไป

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 6 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 145 คน ผู้วิจัยสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีจับฉลาก ได้กลุ่มตัวอย่างมา 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 25 คน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) เนื้อหาที่ใช้วิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือหน่วยการเรียนรู้เรื่อง กรด – เบส ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทดลอง จำนวน 7 การทดลอง ได้แก่

(1) สมบัติบางประการของสารละลาย

(2) การนำไฟฟ้าของน้ำ

(3) การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

(4) การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่

(5) การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่

(6) การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด – เบส

(7) การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

4) ระยะเวลาดำเนินการ

การวิจัยนี้เริ่มในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ระหว่างเดือนกรกฎาคม - เดือนกันยายน พ.ศ. 2558

1.5 นิยามศัพท์

การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์ตรงในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ หรือเป็นรายบุคคล โดยมีใบคำสั่งขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมเป็นคู่มือให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติตาม หรือสังเกตตามคำสั่งในกิจกรรม หลังจากนั้นให้ผู้เรียนตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้สรุปความรู้และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง สื่อที่ใช้ในการสอนปฏิบัติการ ได้แก่ บทเรียนกิจกรรม (Activity card) และบทเรียนปฏิบัติการ (Laboratory Worksheet)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการใช้การคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหาขั้นสูง ประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้

การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการกำหนดว่า สิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใดเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปในปรากฏการณ์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

หนึ่ง ๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นจะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและตัวแปรที่เป็นผล และสามารถควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่น ๆ ในขณะที่ศึกษาตัวแปรสาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

การตั้งสมมุติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั่น ๆ ต่อไป สมมุติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นข้อสรุปหรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมุติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกตประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราวที่ต้องการการพิสูจน์

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะกำหนดว่าจะมีวิธีวัดตัวแปรที่ศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

การทดลอง หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบสมมุติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ และสามารถระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา ได้เป็นข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของตนเอง

2) ครูผู้สอนได้แนวทางในการสำรวจ ปรับปรุง และพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ที่ทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานมากขึ้น

3) บุคลากรผู้สนใจได้มีแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อส่งเสริมที่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

"ทักษะกระบวนการ" คำนี้มาจากแหล่งความคิด 2 แหล่ง คือ จากหนังสือชื่อ The Process of Education ซึ่งแต่งโดย Jerome Bruner (1961: 17) ซึ่งเน้นว่าควรจะบรรจุทักษะลงในหลักสูตรที่ต้องให้ผู้เรียนได้มีการแก้ปัญหา และควรจะบรรจุในช่วง 2 ปีแรกของการศึกษาที่โรงเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการลงมือปฏิบัติการทดลองจำแนกและจัดลำดับสิ่งของ ที่ Bruner เห็นว่าทักษะกระบวนการเหล่านี้เป็นจุดหมายปลายทางของการศึกษา แหล่งที่สองมากจากหลักสูตรใหม่ในระดับประถมศึกษา ในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีชื่อว่า Science-A Process Approach (SAPA) หลักสูตรนี้เน้นทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหา SAPA ได้ให้นิยามของ "ทักษะกระบวนการ" ว่าเป็นกลุ่มของความสามารถที่สามารถถ่ายทอดได้ ซึ่งเหมาะกับวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถนี้สะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมที่แท้จริงของนักวิทยาศาสตร์ SAPA ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการหรือขั้นสูง ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การสื่อความหมายข้อมูล การวัด การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การลงความคิดเห็น และการพยากรณ์ ทักษะเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ทักษะการะบวนการขั้นผสม ซึ่งทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการหรือขั้นสูง ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้ง สมมติฐาน การให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป

สำหรับในประเทศไทย คำว่า "ทักษะกระบวนการ" เกิดขึ้นในแวดวงของหลักสูตรฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 "ทักษะ" หมายถึงความสามารถในการกระทำ (คิดหรือปฏิบัติ) ได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง และแม่นยำ ส่วนคำว่า " กระบวนการ" หมายถึง ขั้น ตอนการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ ดังนั้นคำว่า" ทักษะกระบวนการ" จึงหมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เดชะคุปต์ (2542: 4) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ” ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 14) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดความชำนาญ”

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นผลที่เกิดจากการฝึกปฏิบัติและการฝึกความคิดอย่างเป็นระบบจนเกิดความชำนาญ ความคล่องแคล่วจนกลายเป็นกระบวนการทางปัญญา ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (The American Association for the Advancement of Science, 1970: 33 – 176 อ้างอิงใน นพวรรณ ศรีเกตุ, 2550: 50) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 กระบวนการด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

2.1.1.1 ทักษะขั้นพื้นฐาน จัดไว้ 8 ทักษะ ดังนี้

1) การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสซึ่งได้แก่ จมูก ตา หู ลิ้น และผิวกาย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คุณลักษณะ และรายละเอียดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งทั้งที่เป็นเชิงปริมาณและคุณภาพ

2) การวัด (Measurement) หมายถึง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการกะประมาณค่าที่ควรจะวัดได้

3) การใช้จำนวนเลข (Using Number) หมายถึง การนำตัวเลขมากำหนดคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร หรือจำนวนของต่าง ๆ รวมทั้งการคำนวณเบื้องต้น เช่น การหาค่าเฉลี่ยหรืออัตราส่วน

4) การจัดจำพวก (Classifying) หมายถึง การจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือต่างกันของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งอาจมีวิธีแบ่งได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้

5) การสื่อความหมาย (Communicating) หมายถึง การพูดหรือการแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น แผนภูมิ สมการ กราฟ หรือตัวอักษร เป็นต้น เพื่อให้บุคคลอื่นเข้าใจหรือรับทราบความคิด ความรู้สึกต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rajabhat University

6) การใช้ความสัมพันธ์เกี่ยวกับมิติกับเวลา (Using Space – Time Relationship) หมายถึง การนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หรือมิติกับมิติ หรือเวลากับเวลา มาอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ในที่นี้มิติหมายถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับความกว้าง ความยาว ความหนา รูปร่าง สมมาตร หรือตำแหน่งที่อยู่ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจังหวะการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกากับจังหวะการเต้นของชีพจร ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเวลา เช่น การหาตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

7) การสรุปอ้างอิง (Infering) หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลที่สังเกตได้ประกอบกับประสบการณ์เดิม

8) การทำนาย (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตน่าจะเป็นอย่างไร โดยอาศัยหลักฐานส่วนใหญ่ที่ได้จากการสังเกต หรือการวัดประกอบกับการสรุปอ้างอิง

2.1.1.2 ทักษะขั้นผสมผสาน จัดไว้ 5 ทักษะ ดังนี้

1) การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การให้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ในรูปที่สังเกต วัด หรือนำมาปฏิบัติการได้และบอกด้วยว่าในสถานการณ์หนึ่ง ๆ จะมีวิธีสังเกต หรือวิธีวัดสิ่งนั้นได้อย่างไร

2) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying, Controlling and Manipulating Variable) การกำหนดตัวแปร หมายถึง การแยกตัวแปรต่าง ๆ ออกเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องควบคุมการควบคุมตัวแปร หมายถึง การพยายามทำให้สรุปได้ว่าผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลจากตัวแปรต้น โดยการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3) การสร้างสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคาดการณ์ว่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการลงสรุปของคำอธิบาย โดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

4) การประมวลผลและการตีความหมายข้อมูล (Data Processing and Interpreting) การประมวลผลข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในรูปของตาราง ข้อความหรือข้อความกึ่งตาราง หรือกราฟ และการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลที่ประมวลผลมาแล้ว หรือการให้ความหมายของข้อมูลเชิงปริมาณเป็นเชิงคุณภาพ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5) การออกแบบการทดลอง (Designing and Investigation) หมายถึง การกำหนดโครงการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน โดยคำนึงถึง นิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เครื่องมือและวิธีการที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1.2 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาในแต่ละครั้งจะน่าเชื่อถือหรือไม่ขึ้นอยู่กับตัวผู้ศึกษาหาความรู้เอง ความสามารถหรือทักษะต่าง ๆ เราสามารถฝึกฝนและพัฒนาเพื่อให้เกิดความชำนาญได้ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญ สามารถทำได้ดังนี้ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547: 36-43)

2.1.2.1 การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

เป็นการพัฒนาความสามารถในการบอกชนิดของตัวแปรที่ทำการศึกษา วิธีการพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรสามารถกระทำได้ดังนี้

1) ฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ว่าในการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุและอะไรบ้างที่เป็นผลจากสาเหตุดังกล่าวและวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องของเหตุและผล

2) ฝึกให้ผู้เรียนกำหนดชนิดของตัวแปร

2.1.2.2 การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดหาคำอธิบายหรือสรุปความรู้ล่วงหน้าก่อนทำการทดลองโดยใช้ทักษะการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน วิธีการพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานสามารถกระทำได้ดังนี้

1) ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละคน

2) ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงเหตุและผลเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ แล้วมาตั้งสมมติฐาน

3) ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบข้อมูล มีการยอมรับหรือปฏิเสธข้อมูลที่ตรงกับสมมติฐานและไม่ตรงกับสมมติฐาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4) ฝึกให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานจากแหล่งต่าง ๆ อย่างหลากหลาย และมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำว่าสมมติฐานที่ตั้งนั้นมีจุดเด่น จุดด้อยอย่างไร

2.1.2.3 การพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

เป็นการพัฒนาความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในความหมายในทางปฏิบัติให้เป็นอย่างเดียวกัน วิธีการพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการทำได้ดังนี้

1) ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนั้น

2) ฝึกให้ผู้เรียนได้กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองที่ชัดเจนและรัดกุมจนสามารถสื่อความหมายในทางปฏิบัติได้ตรงกันได้

2.1.2.4 การพัฒนาทักษะการทดลอง

เป็นการพัฒนาความสามารถ 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านบันทึกผลการทดลอง มีวิธีการต่อไปนี้

1) ฝึกให้ผู้เรียนระบุวัสดุ อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง

2) ฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง

3) ฝึกให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริงอย่างเหมาะสม

4) ฝึกให้ผู้เรียนมีการบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และมีความซื่อสัตย์ข้อมูลที่บันทึกมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และตรวจสอบได้

2.1.2.5 การพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

เป็นการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทักษะอื่น เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการทดลอง การบันทึกข้อมูล เป็นต้น โดยมีวิธีการดังนี้

1) ฝึกให้ผู้เรียนแปลความหมายและลงข้อสรุปเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ที่มีอยู่

2) ฝึกให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ระหว่างตัวแปร รวมไปถึง ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์เหล่านั้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สรุปได้ดังนี้ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญ ผู้เรียนต้องได้รับการฝึกฝนในแต่ละทักษะอย่างต่อเนื่อง

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

2.2.1 ความหมายของวิธีสอนแบบปฏิบัติการ

ทิศนา แขมมณี (2545: 131) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ หมายถึง การดำเนินการอันจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายโดยผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องที่เรียนรู้ก่อน และให้ผู้เรียนสังเกต ทบทวนสิ่งที่เกิดขึ้นและนำสิ่งที่เกิดขึ้นมาคิดพิจารณาไตร่ตรองร่วมกัน จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดหรือสมมุติฐานต่าง ๆ ในเรื่องที่เรียนรู้ แล้วจึงนำความคิดหรือสมมุติฐานเหล่านั้นไปทดลองหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ต่อไป

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553: 347) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ เป็นวิธีการที่จัดให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ หรือเป็นรายบุคคล โดยมีใบคำสั่งขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมเป็นคู่มือให้นักเรียนปฏิบัติตาม หลังจากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้สรุปความรู้และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง สื่อที่ใช้ในการสอนปฏิบัติการ ได้แก่ บทเรียนกิจกรรม และบทเรียนปฏิบัติการ

เยาวลักษณ์ กาญจนจันทร์ (2555: 27 - 29) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบปฏิบัติการ หมายถึง กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือทดลองด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน เป็นวิธีสอนโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนปฏิบัติในสถานการณ์จริงควบคู่กับการเรียนภาคทฤษฎี ผู้เรียนต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำงาน เพื่อสรุปความรู้และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.2.2 ขั้นตอนการสอนของวิธีสอนแบบปฏิบัติการ

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงขั้นตอนของวิธีการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2523: 82) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังต่อไปนี้

1) ขั้นนำ ครูต้องเตรียมความพร้อมและบอกนักเรียนให้ชัดเจนว่าจะให้ทำอะไร โดยให้เอกสารแนวทางการปฏิบัติการที่มีคำแนะนำไว้อย่างชัดเจน และกระตุ้นให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนแบบปฏิบัติการ

2) ระยะทำงาน นักเรียนจะทดลองในปัญหาเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ แต่ต้องได้รับประสบการณ์หรือเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติการนั้น ในการทดลองต้องกำหนดโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลด้วย

3) กิจกรรมขั้นสุดท้าย เมื่อปฏิบัติการทดลองเสร็จแล้ว ต้องมีการอภิปรายผลการทดลอง รายงานข้อมูล และแสดงวัสดุที่ทดลอง

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553: 348) กล่าวว่า การวางแผนการสอนแบบปฏิบัติการ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) เลือกเนื้อหาที่จะสอน เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมจะทำเป็นบทเรียนให้นักเรียนมีกิจกรรมปฏิบัติด้วยตนเอง โดยครูต้องเลือกเนื้อหาที่สามารถนำมาเป็นบทเรียนแบบปฏิบัติการได้อย่างเหมาะสม เมื่อเลือกเนื้อหาแล้ว ต้องกำหนดขอบเขตและมโนมติของเนื้อหานั้น

2) กำหนดความสามารถที่ต้องการฝึก ครูพิจารณาว่าเนื้อหาที่เลือกมานั้นจะฝึกความสามารถด้านใด และครูต้องกำหนดกฎเกณฑ์ไว้ว่าในกิจกรมปฏิบัติการนั้น ๆ คาดหวังจะให้นักเรียนทำอะไรได้ มีพฤติกรรมอย่างไร

3) สื่อการเรียนการสอน วิธีการสอนแบบปฏิบัติการต้องอาศัยสื่อการเรียนการสอนเป็นหลัก ซึ่งครูจะต้องจัดเตรียมไว้ให้พร้อม

4) การจัดการ ได้แก่ การจัดชั้นเรียน การสั่งงานให้นักเรียนเข้าใจถึงงานที่จะทำว่า เข้าจะต้องทำอะไร อย่างไร เมื่อใด การจัดการมีขั้นตอนดังนี้

4.1) สำรวจสื่อที่จะใช้ว่าเนื้อหานั้น ๆ จะให้สื่ออะไรบ้าง นำมาจัดลำดับและแยกประเภทว่าบทเรียนใดจะใช้เป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มย่อย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.2) วางแผนสำหรับสั่งการ เช่น เขียนแผนผังการปฏิบัติการของนักเรียนติดไว้ให้นักเรียนดูล่วงหน้าก่อนวันปฏิบัติการหรือทำสำเนาแจกให้นักเรียนเก็บไว้เป็นคู่มือ กรณีที่นักเรียนทำงานกลุ่มต้องคิดว่าจะแบ่งกลุ่มอย่างไร จัดชั้นเรียนอย่างไร

4.3) จัดที่สำหรับเก็บบทเรียนและอุปกรณ์

5) การรายงานผล การประเมินผลนั้นต้องประเมินจากกระบวนการและวิธีการคิดของนักเรียนด้วย หากข้อสรุปของนักเรียนไม่ถูกต้อง ครูควนได้รับรู้วิธีคิดเหตุผลของนักเรียนและชี้แจงให้นักเรียนรู้ว่านักเรียนผิดพลาดอย่างไรหรือชี้แนะเพิ่มเติม เสริมความรู้บางอย่างที่นักเรียนบกพร่องเพื่อช่วยให้นักเรียนหาข้อสรุปได้ถูกต้อง นอกจากนั้นควรคำนึงถึงความก้าวหน้าของนักเรียนในการเรียน โดยแบบปฏิบัติการนับเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินด้วย เพื่อให้นักเรียนเกิดกำลังใจในการเรียน

ศูนย์ทรัพยากรการสอนแห่งมหาวิทยาลัยเวอร์จิเนีย (Teaching Resource Center of Virginia, 2007: 1 - 5) เสนอขั้นตอนการสอนปฏิบัติการ ดังนี้

1) ขั้นเตรียมการ

1.1) ก่อนเปิดเทอม

1.1.1) ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบการสอน

1.1.2) จัดเตรียมทรัพยากรที่เกี่ยวข้องให้เพียงพอ

1.1.3) ประชุมชี้แจงผู้เรียน ในด้านวิธีการเรียนปฏิบัติการและข้อควรระมัดระวังขณะทำปฏิบัติการ

1.2) ก่อนทำการสอน

1.2.1) สรุปเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการทำปฏิบัติการ

1.2.2) ทดสอบความพร้อมของเครื่องมือ

1.2.3) จัดเตรียมเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการให้พร้อม

1.2.4) ทดลองทำปฏิบัติการ

2) ขั้นสอน

2.1) แนะนำการทำปฏิบัติการ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.2) ให้ผู้เรียนทำปฏิบัติการ

2.3) ผู้สอนให้คำแนะนำและตอบคำถาม

3) ขั้นสรุป

3.1) ผู้สอนสรุปสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

3.3) อาจมีการพูดคุยถึงการทำปฏิบัติการในครั้งต่อไป

ศูนย์การเรียนรู้แห่งมหาวิทยาลัยดาลเฮาส์ (Center of Learning and Teaching of Dalhouse University, 2010: 1 - 4) เสนอขั้นตอนในการสอนด้วยวิธีสอนแบบทดลอง ดังนี้

1) ขั้นเตรียมการ

1.1) การเตรียมการก่อนเปิดภาคเรียน

1.1.1) เตรียมความพร้อมด้านเนื้อหา

1.1.2) เตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยและข้อควรปฏิบัติขณะทำการทดลอง

1.1.3) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์

1.1.4) ประชุมชี้แจงผู้เรียนด้านวิธีการเรียน และการประเมินผล ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ และวิธีการใช้อุปกรณ์ (เตรียมผู้เรียน)

1.2) การเตรียมการก่อนสอน

1.2.1) กำหนดจุดประสงค์การทดลอง

1.2.2) ทดลองทำปฏิบัติการ

1.2.3) ตัดสินในเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการชี้แจงผู้เรียนก่อนทำปฏิบัติการ เช่น ใช้เอกสาร สาธิต เป็นต้น

2) ขั้นสอน

2.1) ชี้แจงวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน

2.2) กล่าวแนะนำเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการทำปฏิบัติการ

2.3) แนะนำวิธีการใช้เครื่องมือ และข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

2.4) ใช้ผู้เรียนดำเนินการทดลอง ผู้สอนคอยให้คำแนะนำที่ไม่ใช่การบอกคำตอบ

จากขั้นตอนการสอนแบบปฏิบัติการที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปขั้นตอนการสอนแบบปฏิบัติการเป็นฐานซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นเตรียมการ

1.1) กำหนดจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

1.2) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1.3) ทดลองทำปฏิบัติการเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง

1.4) เตรียมจัดแบ่งกลุ่มผู้เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Pansit University

2) ขั้นสอน

2.1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

2.1.1) แจ้งจุดประสงค์การทำการทดลอง

2.1.2) กล่าวสรุปเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1.3) แนะนำการใช้เครื่องมือและคู่มือปฏิบัติการ

2.1.4) แนะนำให้ผู้เรียนได้ทราบบทบาทของตัวเอง

2.2) ขั้นดำเนินการทดลอง

2.2.1) ผู้เรียนดำเนินการทดลอง โดยมีผู้สอนคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ

2.2.2) ผู้เรียนดำเนินการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3) ขั้นสรุป

3.1) ผู้เรียนนำเสนอผลการทดลอง

3.2) ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันอภิปรายประสบการณ์ที่ได้รับ

3.3) ผู้เรียนและผู้สอนรุปการเรียนรู้ร่วมกัน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลลิตา ยังคง (2553: 68 - 80) ได้ศึกษาความสามารถด้านทักษะปฏิบัติของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยส่งเสริมชุดการแสดงทางวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนความสามารถด้านทักษะปฏิบัติและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

โชติ คำเด่นเหล็ก (2546: 85 - 177) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 ที่มีต่อการสอนของครูโดยใช้การสอนที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานและเปรียบเทียบความพึงพอใจของนักเรียน ได้แก่ ด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปร ด้านการทดลอง ด้านการแปลความหมายและลงข้อสรุป พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการสอนของครูทั้งโดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อุไรวรรณ วิจารณกุล (2543: 11 - 23) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติการในวิชาพันธุศาสตร์จุลินทรีย์ต่อความคิดรวบยอดที่สำคัญทางพันธุศาสตร์ ทักษะ และทัศนคติ ของนักศึกษาโปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดรวบยอดในหลักการที่สำคัญทางพันธุศาสตร์จุลินทรีย์สูง มีทัศนคติที่ดีต่อวิชา และมีทักษะการปฏิบัติการทดลองสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .01

เยาวเรศ ใจเย็น (2550: 11 - 22) ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในวิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 125 คน จากโรงเรียน 3 แห่ง ในจังหวัดจันทบุรี งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยพบว่า นักเรียนมีทักษะด้านการกำหนดนิยายเชิงปฏิบัติการของตัวแปรต่ำที่สุดในบรรดาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม คือ 13% นอกจากนี้พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการทดลองและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมทั้งด้านแนวคิดและด้านทักษะกระบวนการควบคู่กันไป

สิวาพร สุวรรณเจริญ (2552: 51 - 54) ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร พบว่า การใช้ชุดกิจกรรมชุมนุมเคมีช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมให้นักเรียนได้คิดเป็นร้อยละ 79.20 และนักเยนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมชาย เลิศพรสุขสวัสดิ (2553: 55 - 58) ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมโดยใช้ชุดฝึกทักษะ ตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน หลังจากใช้ชุดฝึกทักษะ พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างสามารถทำคะแนนแบบทดสอบได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการสอนโดยใช้ชุดฝึกทักษะในระดับมาก

เยาวลักษณ์ กาญจนจัทร์ (2555: 100 - 112) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการร่วมกับการจัดแสดงทางวิทยาศาสตร์และแผนผังกราฟฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสอนวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ไบกา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 32 คน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับ 0.05 ผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติการดีขึ้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Chu (2008: 108 - 113) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการสำหรับวิชาไฟฟ้ากำลัง โดยให้ผู้เรียนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และบริดจ์ ในการออกแบบระบบควบคุมที่นำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง เช่น เครื่องซักผ้า ลิฟท์ไฟฟ้า เป็นต้น พบว่า ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง มีทักษะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีความสามารถในการจัดการโครงการ และทำให้ผู้เรียนมีความสนใจเรียนมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น รวมทั้งสนใจเรียนมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

การพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการของครูผู้สอนเพื่อแก้ปัญหาหรือปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวิธีดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 จำนวน 6 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 145 คน ผู้วิจัยสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีจับฉลาก ได้กลุ่มตัวอย่างมา 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 25 คน และเนื่องจากนักเรียนทั้งหมดถูกคัดเลือกจากการสอบด้วยข้อสอบกลางของกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค และเป็นนักเรียนทุนรัฐบาลทั้งหมด ดังนั้นระดับความสามารถของนักเรียนจึงมีความแตกต่างกันน้อยกว่าโรงเรียนทั่วไป

3.2 รูปแบบการวิจัย

ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ มี 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan)

1) ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ของนักเรียน รวมไปถึงรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2) ผู้วิจัยศึกษาและดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

2.1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน แบบบันทึกหลังสอนของครู และอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

2.2) เครื่องมือที่ใช้ในจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน เรื่อง กรด – เบส จำนวน 6 แผน โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีบทปฏิบัติการทดลองประกอบอยู่ 1 การทดลอง

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ (Act)

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรด – เบส ที่สร้างขึ้น ไปดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์ (Observe)

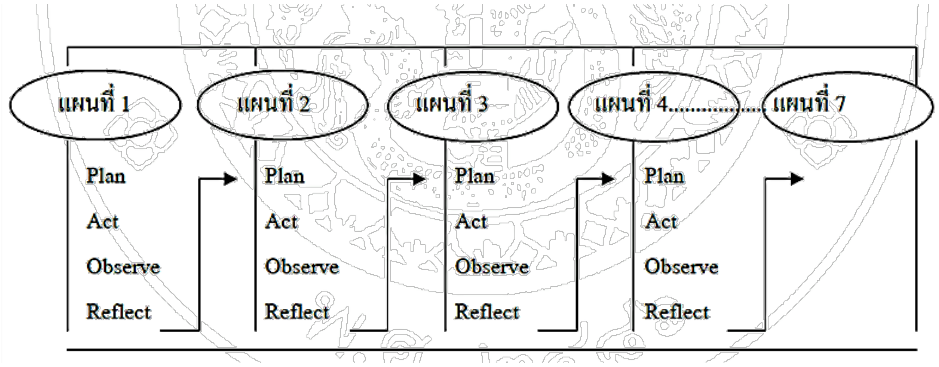
ผู้วิจัยสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและเก็บข้อมูล โดยการสังเกตและจดบันทึกหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน รายงานการปฏิบัติการทดลอง และอนุทินสะท้อนความคิดที่ให้นักเรียนเขียนหลังเรียนเสร็จ

ขั้นที่ 4 สะท้อนผลการทดลอง (Reflect)

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน บันทึกหลังการสอนของครูผู้สอน และผลประเมินการปฏิบัติการทดลอง มาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและวางแผนการแก้ไขปรับปรุงสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป

จากขั้นตอนดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้ง 4 ขั้นตอน ที่ดำเนินการไปทั้งสิ้น 7 วงจร ในแต่ละวงจรใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 1 แผน ระยะเวลาต่อหนึ่งวงจรคือ 1 สัปดาห์ ซึ่งสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยได้ดังรูปที่ 3.1 ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1.1 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ใช้ในการวิจัยพัฒนามาจากงานวิจัยของ จรินทร จันทร์เพ็ง (2556: 83-116) เป็นคำถามปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

3) นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence; IOC)

4) ปรับปรุงแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญ โดยเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 คน พบว่า แบบวัดปรนัยทั้ง 40 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.32 – 1.00 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 – 0.87

5) คัดแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานจริง โดยเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป โดยผู้วิจัยเลือกได้จำนวน 20 ข้อ ดังตารางที่ 3.1 ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนข้อที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานแต่ละด้าน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	จำนวนข้อ
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	4
การตั้งสมมติฐาน	4
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	4
การทดลอง	4
การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	4

3.3.1.2 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ใช้ในการวิจัยเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Likert's Scale) มี 5 อันดับ โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) สร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ให้ครอบคลุมทักษะ 5 ด้าน ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร ด้านการตั้งสมมุติฐาน ด้านการกำหนดนิยายเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ด้านการทดลอง และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป ดังตารางที่ 3.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การทดลองเรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คำอธิบายระดับคุณภาพ	คะแนน
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	<u>แนวคำตอบ</u> ตัวแปรต้น ได้แก่ ชนิดของสารละลาย ตัวแปรตาม ได้แก่ การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส ความสว่างของหลอดไฟ ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรของสารละลายในหลอดทดลอง ความลึกของการใส่ลวดตัวนำของเครื่องทดสอบการนำไฟฟ้า	
	กำหนดตัวแปรครบทั้ง 3 ชนิด และระบุตัวแปรแต่ละชนิดได้ถูกต้องครบถ้วน	5
	กำหนดตัวแปรไม่ครบ 3 ชนิด แต่ระบุตัวแปรทุกชนิดได้ถูกต้องและครบถ้วน	4
	กำหนดตัวแปรครบทั้ง 3 ชนิด แต่ระบุตัวแปรแต่ละชนิดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	3
	กำหนดตัวแปรไม่ครบ 3 ชนิด และระบุตัวแปรแต่ละชนิดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	2
	กำหนดตัวแปรไม่ครบ 3 ชนิด และระบุตัวแปรแต่ละชนิดไม่ถูกต้อง	1

<u>หมายเหตุ</u> นักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านตั้งแต่ 3 ขึ้นไปถือว่าผ่านการประเมินผล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) ส่งแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence; IOC)

4) ปรับปรุงแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญ โดยเลือกเฉพาะเกณฑ์การประเมินที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

3.3.1.3 แบบบันทึกหลังสอนของครู

แบบบันทึกหลังสอนของครูคือแบบบันทึกที่ครูจดบันทึกพฤติกรรมและการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อกำหนดประเด็นที่จะบันทึก

2) สร้างบันทึกหลังการสอนของครูผู้สอน ประกอบด้วย 3 หัวข้อ ได้แก่ ลักษณะการจัดกิจกรรม สิ่งที่ผู้วิจัยค้นพบ และข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง

3) นำแบบบันทึกหลังสอนของครูส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยงตรวจสอบ

4) แก้ไขปรับปรุงแบบบันทึกหลังสอนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยง

3.3.1.4 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนเป็นแบบบันทึกที่ให้นักเรียนจดบันทึกหลังจากเรียนจบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อกำหนดประเด็นที่เหมาะสมในการเขียนอนุทินสะท้อนความคิด

2) สร้างแบบบันทึกอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ประกอบด้วย คำชี้แจงและประเด็นที่ต้องการเก็บข้อมูล คือ ความรู้สึกที่มีต่อการเรียนการสอนของครู สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในแต่ละครั้งที่เรียนจบ และข้อเสนอแนะที่นักเรียนอยากให้ครูปรับปรุงในการเรียนครั้งต่อไป

3) นำอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยงตรวจสอบ

4) แก้ไขปรับปรุงอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

3.3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนที่ดำเนินการวิจัย เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบความคิดในการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

2) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยชื่อของเนื้อหาย่อยและการทดลองในแต่ละแผนแสดงดังตารางที่ 3.3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงเนื้อหาย่อยและการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 แผน

แผนที่	เนื้อหาย่อย	การทดลอง
1	สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	สมบัติบางประการของสารละลาย
2	การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ	การนำไฟฟ้าของน้ำ
3	ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
4	การไทเทรตกรด – เบส 1	การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
5	การไทเทรตกรด – เบส 2	การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
6	อินดิเคเตอร์กับการไทเทรตกรด – เบส	การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด – เบส
7	สารละลายบัฟเฟอร์	การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

หมายเหตุ เวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 2 คาบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยงช่วยตรวจสอบรูปแบบ ความถูกต้องเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และการใช้คำศัพท์

4) ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยง ปรับความยากง่ายของกิจกรรม แก้ไขสาระการเรียนรู้บางส่วนให้สมบูรณ์ และแก้ไขคำผิด

3.3.2.2 บทปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการทดลองที่ใช้ในการวิจัยเป็นการทดลองตามเนื้อหาย่อยของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง กรด – เบส ซึ่งมีทั้งหมด 7 บทปฏิบัติการ โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนที่ดำเนินการวิจัย เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบความคิดในการสร้างบทปฏิบัติการ

2) สร้างบทปฏิบัติการที่เน้นให้นักเรียนแสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานอย่างเต็มศักยภาพ บทปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย หลักการ จุดประสงค์ กิจกรรม และขั้นตอนการทดลอง แบบบันทึกการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง

3) นำร่างบทปฏิบัติการให้กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence; IOC)

4) ปรับปรุงบทปฏิบัติการตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

การวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยเริ่มต้นจากการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง กรด – เบส ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พร้อมบันทึกวิดีโอขณะที่ดำเนินกิจกรรมและเขียนบันทึกหลังสอน และให้นักเรียนเขียนทุกครั้งหลังเรียนเสร็จ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเริ่มจากการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง และในขณะที่ดำเนินงานตามแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจร ผู้วิจัยประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนจากรายงานการปฏิบัติงานและการตอบคำถามท้ายการทดลองร่วมกับการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่สังเกตเห็นในขณะที่ดำเนินการสอน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกหลังสอนของครู อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน แบบบันทึกการทดลอง

ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้จากบันทึกหลังสอนและอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนจะถูกนำมาวิเคราะห์ในเชิงเนื้อหา ข้อมูลที่ได้จะถูกจำแนก ตีความ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างบันทึกหลังสอนของครู อนุทินสะท้อนความคิดและบันทึกการทดลองของนักเรียน

3.5.2 ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดและแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมาแยกวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ด้วยการคำนวณหาค่าความแตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (T-Test Dependent Samples) (บุญชม และคณะ, 2551: 85-87) และ 2) ศึกษาพัฒนาการทักษะของนักเรียน โดยการหาร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ประเมินจากการปฏิบัติการทดลอง (บุญชม, 2546: 163)

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของบทปฏิบัติการทดลอง แบบวัดและแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ขั้นผสมผสาน โดยการหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนของผู้เชี่ยวชาญที่เห็นสอดคล้องกัน

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.6.2 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐานที่ผู้วิจัยใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้ (น้องนาง ปรีองาม, 2554: 68)

1) การหาค่าร้อยละ หาได้จากสูตร

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

N แทน จานวนความถี่ทั้งหมด

2) การหาค่าเฉลี่ย หาได้จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

X แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาได้จากสูตร

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนนักเรียนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน และศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ผู้วิจัยเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ผู้วิจัยนำบันทึกหลังสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.1 – 4.7 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 1

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- นักเรียนยกตัวอย่างสารที่มีสมบัติเป็นกรดหรือเบสในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งอธิบายวิธีการทดสอบสมบัติความเป็นกรดเบส	- นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจอย่างมากในการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารพร้อมทั้งอธิบายวิธีการทดสอบสมบัติความเป็นกรดเบสได้อย่างถูกต้อง	- ครูควรเสริมแรงจูงใจและให้กำลังใจกับนักเรียนด้วยการปรบมือและกล่าวชื่นชมเมื่อนักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- นักเรียนอภิปรายว่า “เมื่อนำสารตัวอย่างมาทดสอบกับกระดาษลิตมัส จะพบการเปลี่ยนแปลงอย่างไรได้บ้าง” - นักเรียนอภิปรายว่า “เครื่องวัดการนำไฟฟ้าใช้หลักการใดในการตรวจสอบสมบัติการเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์” - นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 1 เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ จากนั้นกำหนด ตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ - ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง หลังจากนั้นครูให้คำแนะนำและข้อควรระวังในการทดลอง	- ในระหว่างการอภิปรายมีทั้งนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิด แต่เมื่อครูทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้อง พบว่านักเรียนทุกคนเกิดความเข้าใจและสามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง - การอธิบายที่ไม่มีภาพประกอบจะทำให้ความสนใจของนักเรียนลดลงอย่างมาก - นักเรียนส่วนใหญ่สับสนเรื่องความหมายของการกำหนดตัวแปร การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการทำให้ตอบคำถามได้ไม่เหมาะสม	- ครูควรใช้สื่อการสอนที่น่าสนใจประกอบการอธิบายความรู้ให้นักเรียน - ครูควรอธิบายความหมายของการกำหนดตัวแปร การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ พร้อมทั้งยกตัวอย่างให้นักเรียนเห็นภาพอย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองโดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง	- นักเรียนบางกลุ่มใช้กระดาษลิตมัสทิ้งลงไปในสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสม - ผลการทดลองของนักเรียนสอดคล้องกับทฤษฎี แต่ตัวเลขที่ได้ต่างกันเล็กน้อย เพราะเครื่องวัดการนำไฟฟ้ามีประสิทธิภาพต่างกัน	- ครูควรแนะนำให้นักเรียนใช้แท่งแก้วแตะสารละลายแล้วนำมาแตะกระดาษลิตมัสที่วางอยู่บนกระจกเว้าที่วางบนกระดาษสีขาวเป็นฉากพื้นหลังด้านล่าง
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและหาข้อสรุปโดยมีครูคอยกำกับ	- นักเรียนไม่ได้นำส่วนที่เป็นทฤษฎีมาอธิบายผลการทดลอง เนื่องจากครูไม่ได้บอก	- ครูควรแนะนำให้นักเรียนนำทฤษฎีมาอธิบายประกอบผลการทดลอง
ขั้นขยายความรู้	- นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง - ครูแจ้งให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 ในเอกสารประกอบการเรียนเป็นการบ้าน	- นักเรียนอธิบายเครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีไม่ชัดเจน เพราะครูไม่ได้บอกว่าจะต้องเขียนมาอย่างละเอียด - นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลองได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	- ครูควรทำความเข้าใจกับนักเรียนว่าการเขียนรายงานการทดลองจะต้องเขียนเพื่อให้ผู้อื่นสามารถปฏิบัติการทดลองตามวิธีการในรายงานแล้วได้ผลการทดลองที่ตรงกับที่รายงานระบุไว้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิดและส่งในเวลาเรียน	- นักเรียนมีเวลาในการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดน้อยเกินไป ทำให้เขียนออกมาได้น้อย	- ครูควรให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเป็นการบ้านมาส่งในวันถัดไป

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 2

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูแจกรายงานการทดลองที่ตรวจแล้ว จากนั้นชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องในรายงานและกล่าวถึงข้อควรแก้ไขในการทดลองครั้งก่อน - นักเรียนอภิปรายว่า “สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบริสุทธิ์เป็นอย่างไร”	- นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ข้อผิดพลาดของตนเอง - นักเรียนตอบคำถามได้ แต่พบว่า มักจะมีแต่นักเรียนคนเดิมที่ตอบ	- ครูควรแนะนำให้นักเรียนจดบันทึกข้อควรแก้ไขในรายงานไว้ - ครูควรใช้วิธีสุ่มนักเรียนแบบซ้ำคัดออก ในการเลือกนักเรียนเพื่อทำกิจกรรม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- นักเรียนรับชมคลิปวิดีโอเรื่องทฤษฎีการชนกันและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา หลังจากนั้นนักเรียนช่วยกันสรุปว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้อย่างไร - ครูสาธิตการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายกรดและสารละลายเบสโดยใช้โปรแกรมจำลองการละลายของสารละลายเกลือ หลังจากนั้นให้นักเรียนลองทำนายว่า จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรหากครูทำการเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบการละลายของสารละลายเกลือ - นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 2 เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ หลังจากนั้นตอบคำถามก่อนการทดลอง - ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง หลังจากนั้นครูให้คำแนะนำและข้อควรระวังในการทดลอง	- นักเรียนให้ความสนใจอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การใช้คลิปวิดีโอที่เป็นภาษาอังกฤษ ทำให้นักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจเนื้อหาทั้งหมดที่มีอยู่ในคลิป - นักเรียนส่วนใหญ่ชอบสื่อการสอนที่เป็นโปรแกรมจำลอง - นักเรียนกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ดีขึ้น แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน เพราะตอบคำถามมาน้อยเกินไป	- ครูควรแบ่งเนื้อหาในคลิปเป็นตอนสั้นๆ เพื่ออธิบายประกอบ - ครูควรสลับบทบาทให้นักเรียนเป็นฝ่ายสาธิตให้เพื่อนนักเรียนดู - ครูควรยกตัวอย่างที่หลากหลายเพื่อช่วยบอกให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน รวมทั้งใช้คำถามกระตุ้นความคิดให้นักเรียนกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ถูกต้องและชัดเจน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองโดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนออกมานำเสนอผลการทดลอง	- นักเรียนไม่ได้จุ่มขั้วไฟฟ้าด้วยความลึกที่เท่ากันตามที่ครูแนะนำ - นักเรียนใช้เทอร์โมมิเตอร์ผิดวิธี โดยไม่ใช้ที่จับและขาตั้งที่ครูเตรียมให้ ทำให้เกิดอุบัติเหตุจนเทอร์โมมิเตอร์หล่นแตก	- ครูควรย้ำให้นักเรียนทราบว่าจะต้องปรับความลึกของการจุ่มขั้วไฟฟ้าให้เท่ากันและสาธิตวิธีการใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ถูกต้อง ก่อนปล่อยให้นักเรียนทดลอง
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประสบการณ์ที่ได้รับและหาข้อสรุปของการทำการทดลองโดยมีครูคอยกำกับ	- นักเรียนนำทฤษฎีมาช่วยอธิบายผลการทดลองตามที่ครูแนะนำ - นักเรียนบางคนขาดความมั่นใจในตัวเอง ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น	- ครูควรให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันตอบ และเมื่อนักเรียนตอบคำถามได้ต้องให้กำลังใจและชื่นชม
ขั้นขยายความรู้	- นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง - ครูให้ความรู้เรื่องสมดุลการแตกตัวของน้ำและการหาค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ พร้อมทั้งสุ่มนักเรียนตอบคำถาม	- ในระหว่างที่ครูให้ความรู้เรื่องใหม่ นักเรียนให้ความสนใจน้อยลงอย่างมากและพบว่านักเรียนหลายคนตอบคำถามไม่ได้เพราะไม่ได้ฟังที่ครูพูด	- ครูควรจัดลำดับเนื้อหาและการให้ความรู้ตามระดับความสนใจของนักเรียน โดยสอนเรื่องสมดุลการแตกตัวของน้ำและการหาค่าคงที่การแตกตัวของน้ำให้เสร็จก่อนที่จะเข้าสู่การทดลอง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป	- นักเรียนสับสนเรื่องสมดุลการแตกตัวของน้ำ และการหาค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ	- ครูควรจดบันทึกคำถามหรือข้อสงสัยของนักเรียนไว้เพื่ออธิบายให้ฟังในการเรียนครั้งถัดไป พร้อมทั้งแนะนำแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมให้กับนักเรียน

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 3

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องในรายงานและกล่าวถึงข้อควรแก้ไขในการทดลองครั้งก่อน - นักเรียนอภิปรายว่า “อินดิเคเตอร์ใช้บอกค่า pH ของสารละลายได้อย่างไร” จากนั้นให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่อง pH ของสารละลาย	- นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนรู้ข้อผิดพลาดของตนเอง เกิดการซักถามเกี่ยวกับแนวทางในการเขียนรายงานการทดลอง - ครูเสียเวลากับการให้นักเรียนจดตัวอย่างการคำนวณบนกระดานนาน	- ครูควรให้นักเรียนแลกเปลี่ยนผลงานกันดู เพื่อให้รู้ว่าทำอย่างไรจึงถูกต้องและครบถ้วน - ครูควรแจกเป็นใบความรู้ที่เว้นพื้นที่ให้นักเรียนเขียนได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- นักเรียนดูตารางอินดิเคเตอร์และช่วง pH ของการเปลี่ยนสี แล้วอภิปรายว่า ถ้าหากหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนลงในสารละลายใสไม่มีสีชนิดหนึ่ง แล้วปรากฏว่าสารละลายดังกล่าวยังคงใสไม่มีสีเหมือนเดิม สารละลายนั้นจะมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส - นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 3 เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ หลังจากนั้นตอบคำถามก่อนการทดลอง - ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง หลังจากนั้นครูให้คำแนะนำและข้อควรระวังในการทดลอง	- ตารางอินดิเคเตอร์ตัวอักษรเล็กเกินไป นักเรียนที่นั่งหลังห้องมองไม่เห็น จึงไม่สนใจเรียน - นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลองได้ดีขึ้น เพราะครูช่วยแนะนำ	- ครูควรปรับตารางให้นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนออกมานำเสนอผลการทำปฏิบัติการ	- ครูนำสารตัวอย่างเพียง 3 ชนิด มาให้นักเรียนทดลอง ทำให้การทดลองเสร็จเร็ว และไม่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน - ผลการทดลองของนักเรียนสอดคล้องกับทฤษฎี	- ครูควรเพิ่มจำนวนสารตัวอย่างให้มีหลายชนิด
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประสบการณ์ที่ได้รับและหาข้อสรุปของการทำการทดลอง โดยมีครูคอยกำกับ	- นักเรียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ส่วนใหญ่เขียนสมการปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสไม่ถูกต้อง เพราะครูไม่ได้ทบทวนให้ในระหว่างที่นักเรียนกำลังอภิปราย	- ครูควรทบทวนความรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสให้ในระหว่างที่นักเรียนกำลังอภิปราย
ขั้นขยายความรู้	- ครูสุ่มนักเรียนออกมาเติมคำตอบในตารางแสดงความเป็น กรด – เบส ของเกลือตัวอย่าง โดยให้ระบุชนิดของเกลือ ไอออนที่เกิดจากไฮโดรลิซิส และ pH ของสารละลาย - นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง	- นักเรียนกระตือรือร้นอย่างมากที่จะหาคำตอบเตรียมไว้หากถูกสุ่มให้ตอบคำถาม	- ครูควรเพิ่มโอกาสให้นักเรียนทุกคนร่วมกิจกรรมมากขึ้น โดยให้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป	- นักเรียนให้ความสนใจและเรียนอย่างสนุกสนานเวลาที่ครูสุ่มหาตัวแทนออกมาตอบคำถาม	

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 4

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องของการทดลองครั้งก่อน - นักเรียนศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง H_2SO_4 กับ $Ba(OH)_2$ และปฏิกิริยาระหว่าง H_2SO_4 กับ KOH จากการสาธิต แล้วให้นักเรียนอภิปรายว่า จุดยุติ เป็นอย่างไร สังเกตจากอะไร	- นักเรียนบางส่วนมองเห็นการสาธิตของครูไม่ชัดเจน เพราะนั่งอยู่ไกล	- ครูควรให้นักเรียนเข้ามาชมการสาธิตใกล้ ๆ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของการไทเทรตและการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายไม่ทราบค่า - ครูสาธิตการไทเทรตแล้วให้นักเรียนปฏิบัติตาม 1 รอบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และข้อควรระวังระหว่างการไทเทรต - นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 4 เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ จากนั้นกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ - นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้ บทบาทของตนเอง คำแนะนำและข้อควรระวังในการทดลอง	- นักเรียนบางส่วนตอบคำถามไม่ได้ เพราะยังไม่เคยเรียนเกี่ยวกับการไทเทรต - นักเรียนให้ความสนใจการสอนแบบสาธิต มีความอยากรู้อยากลอง - นักเรียนส่วนใหญ่กำหนดตัวแปร และให้นิยามเชิงปฏิบัติการผิด เพราะครูไม่ได้อธิบายและยกตัวอย่างเพิ่มเติม และเป็นเนื้อหาที่ยาก	- ครูควรหาเวลาสอนเนื้อหาเพิ่มและให้แบบฝึกหัดนักเรียนกลับไปทำเป็นการบ้าน - ครูอาจใช้วิธีการสอนแบบสาธิต โดยให้นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติ และครูคอยกำกับดูแลอย่างใกล้ชิด - ครูควรเป็นฝ่ายนำนักเรียนกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และยกตัวอย่างเพิ่มเติม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนออกมานำเสนอผลการทำปฏิบัติการ	- นักเรียนส่วนใหญ่ไทเทรตผิดวิธี โดยเฉพาะงานที่ต้องอาศัยความละเอียด เช่น การจับบิวเรต การหยดสาร การวัดปริมาตรสารละลาย เป็นต้น - นักเรียนส่วนใหญ่ได้ผลการทดลองสอดคล้องตามทฤษฎี	- ครูควรย้ำให้นักเรียนเพิ่มความละเอียดในเวลาทำการทดลอง โดยเฉพาะการหาจุดยุติ - ครูไม่ควรปล่อยให้นักเรียนไทเทรตสารจนกว่าจะผ่านการตรวจสอบความพร้อมและความถูกต้องก่อน
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประสบการณ์ที่ได้รับและหาข้อสรุปของการทำการทดลอง โดยมีครูคอยกำกับ	- นักเรียนเข้าใจและสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง แต่บางกลุ่มไม่ระบุหน่วยความเข้มข้น เพราะครูไม่ได้บอก	- ครูควรทบทวนเรื่องการตัดหน่วยและให้นักเรียนแสดงการตัดหน่วยในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารทุกครั้ง
ขั้นขยายความรู้	- นักเรียนอภิปรายว่าการไทเทรตหมายความว่าอย่างไร สารละลายมาตรฐานคืออะไร และจุดสมมูลคืออะไร จุดยุติและจุดสมมูลเป็นจุดเดียวกันหรือไม่ อย่างไร - นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง	- เนื่องจากในระหว่างที่อภิปราย ครูไม่ได้ยกตัวอย่างที่แสดงความแตกต่างของจุดยุติและจุดสมมูล ทำให้นักเรียนบางคนยังคงเข้าใจอยู่ว่าจุดยุติและจุดสมมูลเป็นจุดเดียวกัน	- ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบเองได้พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป	- นักเรียนส่วนใหญ่ยังสับสนในเทคนิคแต่ละขั้นตอนของการไทเทรต เพราะครูสาธิตให้ดูแค่ครั้งเดียว	- ครูอาจนำคลิปวิดีโอแนะนำวิธีการไทเทรตที่ถูกต้องแจกให้นักเรียนไปศึกษาต่อด้วยตนเองที่บ้าน

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 5

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูแจกรายงานการทดลองที่ตรวจแล้ว จากนั้นชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องในรายงานและกล่าวถึงข้อควรแก้ไขในการทดลองครั้งก่อน พร้อมทั้งให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ต้องแก้ไขเอาไว้	- การให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเองช่วยให้นักเรียนเขียนรายงานได้ดีขึ้น และนักเรียนให้ความสนใจมาก	- ครูควรให้กำลังใจและกล่าวชื่นชมนักเรียนที่ทำงานดีและแนะนำข้อควรแก้ไขให้นักเรียนที่ยังมีข้อผิดพลาดอยู่

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 5 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูทบทวนการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ และให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่องการหาจุดสมมูลจากกราฟของการไทเทรต - นักเรียนที่ถูกสุ่มสาธิตการไทเทรตให้เพื่อนในชั้นเรียนดูโดยมีครูคอยให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด - นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 5 เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ หลังจากนั้นตอบคำถามก่อนการทดลอง - ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง หลังจากนั้นครูให้คำแนะนำและข้อควรระวังในการทดลอง	- การใช้คำถามกระตุ้นความคิด ทำให้นักเรียนคิดหาคำตอบที่ถูกต้องได้เร็วขึ้น - นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นมากเวลาที่ครูให้ตัวแทนนักเรียนสาธิตการไทเทรตและปฏิบัติตามคำแนะนำเพิ่มเติมจากครู	- ครูควรเสริมแรงจูงใจโดยให้นักเรียนร่วมกันคิดและตอบคำถามเป็นกลุ่มย่อย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 5 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนออกมานำเสนอผลการทำปฏิบัติการ	- มีแต่นักเรียนคนเดิม ๆ ทำหน้าที่ไทเทรต - ครูไม่ได้ตรวจดูขณะที่นักเรียนล้างอุปกรณ์ จึงพบว่า อุปกรณ์บางอย่างล้างไม่สะอาด	- ครูควรให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกไทเทรต มีการผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันในกลุ่ม - ครูควรให้คำแนะนำวิธีการล้างอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และการทิ้งสารเคมีอย่างถูกต้องให้กับนักเรียน และตรวจความถูกต้องในระหว่างที่นักเรียนกำลังล้างอุปกรณ์เครื่องแก้ว และทิ้งสารเคมี
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประสบการณ์ที่ได้รับ และหาข้อสรุปของการทำการทดลอง โดยมีครูคอยกำกับ	- นักเรียนส่วนใหญ่หาจุดสมมูลจากกราฟการไทเทรตได้ และสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง - เนื่องจากครูไม่ได้ทบทวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดแก่กับเบสแก่ให้ จึงพบว่านักเรียนบางกลุ่มเขียนปฏิกิริยาผิด	- ควรมีการทบทวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดแก่กับเบสแก่ร่วมด้วย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 5 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นอธิบายความรู้	- นักเรียนแต่ละกลุ่มดูกราฟการไทเทรตระหว่างสารละลาย NH_3 กับ HCl และสารละลาย CH_3COOH กับ NH_3 ที่ครูนำมาเสนอ แล้วอภิปรายว่า เพราะเหตุใดจึงไม่นิยมทำการไทเทรตกรดอ่อนกับเบสอ่อน โดยสุ่มลำดับในการให้เหตุผล แต่ละกลุ่มจะต้องให้เหตุผลที่ไม่ซ้ำกัน - นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง	- นักเรียนให้ความสนใจมาก มีความกระตือรือร้นที่จะแข่งกับกลุ่มอื่น - นักเรียนกลุ่มหลังเสนอเหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถาม และกิจกรรมดังกล่าวใช้เวลานานเกินจากที่ครูวางแผนเอาไว้	- ครูควรให้ทุกกลุ่มเขียนเหตุผลใส่กระดาษมาส่งก่อน โดยครูจำแนกเหตุผลที่เหมือนกันไว้ แล้วให้กลุ่มที่นำเสนอเหตุผลเหมือนกันช่วยกันอธิบาย
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป	- นักเรียนจะมีความสนุกสนานและกระตือรือร้นมากเวลาที่ครูให้แข่งกันทำกิจกรรมกลุ่ม - การจัดการเรียนรู้ใช้เวลานานกว่าที่วางแผนไว้	- ครูควรมีการปรับวิธีการดำเนินกิจกรรมที่ช่วยให้ใช้เวลาน้อยลง

มหาวิทยาลัยศิลปากร Silpakorn University

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 6

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูแจกรายงานการทดลองที่ตรวจแล้ว จากนั้นชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องในรายงานและกล่าวถึงข้อควรแก้ไขในการทดลองครั้งก่อน พร้อมทั้งให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ต้องแก้ไขเอาไว้ - ครูทบทวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดแก่กับเบสแก่ และการไทเทรต - นักเรียนอภิปรายว่า ในการไทเทรตสารละลาย CH_3COOH กับสารละลาย NaOH ถ้าใช้อินดิเคเตอร์ต่างชนิดกันจะให้ผลต่างกันหรือไม่ - นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 6 เรื่อง การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรต หลังจากนั้นตอบคำถามก่อนการทดลอง โดยครูช่วยยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและชัดเจน	- การให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเองช่วยให้นักเรียนเขียนรายงานได้ดีขึ้น และนักเรียนให้ความสนใจมาก - การพูดเร็วเกินไปทำให้นักเรียนฟังและจดตามไม่ทัน และทำให้ความสนใจของนักเรียนลดลงอย่างมาก	- ครูควรให้กำลังใจและกล่าวชื่นชมนักเรียนที่ทำงานดี และแนะนำข้อควรแก้ไขให้นักเรียนที่ยังมีข้อผิดพลาดอยู่ - ครูควรรอจังหวะให้นักเรียนมีความพร้อมที่จะเรียนก่อน จึงเริ่มกิจกรรม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 6 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง หลังจากนั้นครูให้คำแนะนำและข้อควรระวังในการทดลอง		
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนออกมานำเสนอผลการทดลอง	- นักเรียนทำการทดลองได้ถูกวิธี และได้ผลการทดลองถูกต้อง เพราะครูเดินตรวจและให้คำแนะนำทุกกลุ่ม	
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประสบการณ์ที่ได้รับและหาข้อสรุปของการทำการทดลอง โดยมีครูคอยกำกับ	- นักเรียนทุกกลุ่มสามารถสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง - ครูไม่ได้เน้นย้ำกับนักเรียนว่าในการเขียนการวิเคราะห์ผลการทดลองต้องทำอย่างละเอียด ทำให้นักเรียนเขียนรายงานไม่ดีเท่าที่ควร	- ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ผลการทดลองและให้อธิบายละเอียดมากขึ้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 6 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นอธิบายความรู้	- ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มจับฉลากเลือกคำถามในแบบฝึกหัด จากนั้นให้สมาชิกในกลุ่มช่วยกันหาคำตอบภายในเวลาที่กำหนดแล้วออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน - นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง	- นักเรียนรู้สึกสนุกสนานเมื่อครูจัดมีการแข่งขันตอบคำถามระหว่างกลุ่ม - นักเรียนบางกลุ่มตอบคำถามไม่ทันภายในเวลา	- ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบที่ถูกต้องได้เร็วขึ้น
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป	- นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะร่วมกิจกรรม และรู้สึกสนุกในบางกิจกรรม	

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 7

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องในรายงานและกล่าวถึงข้อควรแก้ไขในการทดลองครั้งก่อน พร้อมทั้งให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ต้องแก้ไขเอาไว้ - นักเรียนชมคลิปวิดีโอเรื่องระบบบัฟเฟอร์ จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารละลายผสมระหว่าง CH_3COOH กับ CH_3COONa	- การให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเองช่วยให้นักเรียนเขียนรายงานได้ดีขึ้น และนักเรียนให้ความสนใจมาก - นักเรียนให้ความสนใจในคลิปวิดีโอน้อย เพราะเป็นภาษาอังกฤษ	- ครูควรให้กำลังใจและกล่าวชื่นชมนักเรียนที่ทำงานดี และแนะนำข้อควรแก้ไขให้นักเรียนที่ยังมีข้อผิดพลาดอยู่ - ครูควรแบ่งเนื้อหาในคลิปให้เป็นตอนสั้นๆ และใช้วิธีการพูดสรุปให้นักเรียนฟังแต่ละตอน
ขั้นสร้างความสนใจ	- นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 7 เรื่องการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด จากนั้นกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ - ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง		

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นสำรวจและค้นหา	- นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และช่วยเหลือ - นักเรียนออกมานำเสนอผลการทำปฏิบัติการ	- มีนักเรียน 2 กลุ่มที่ใช้น้ำมะพร้าวเก่าที่ครูเปิดใช้ตั้งแต่ช่วงเช้า จึงได้ผลการทดลองที่แตกต่าง - ผลการทดลองของนักเรียนส่วนใหญ่สอดคล้องกับทฤษฎี	- ครูควรให้นักเรียนใช้น้ำมะพร้าวใหม่เหมือนกันทุกกลุ่ม
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประสบการณ์ที่ได้รับและหาข้อสรุปของการทำการทดลอง โดยมีครูคอยกำกับ	- ครูไม่ได้ทบทวนสมการการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายเกลือ ทำให้นักเรียนบางกลุ่มเขียนสมการแสดงการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายบัฟเฟอร์ผิด	- ครูควรมีการทบทวนเรื่องการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายบัฟเฟอร์ร่วมกับการอภิปราย
ขั้นขยายความรู้	- ครูยกตัวอย่างการเกิดเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ของน้ำและสุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มมาเติมช่องว่างในตาราง - ตัวแทนแต่ละกลุ่มจับฉลากเลือกคำถาม แล้วช่วยกันตอบภายในเวลาที่กำหนด - นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง	- นักเรียนบางกลุ่มตอบคำถามไม่ได้หรือเขียนสมการไม่ได้ แต่เมื่อครูใช้คำถามวางกรอบความคิดให้กับนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง - ครูให้มะพร้าวที่ยังไม่ได้เฉาะเป็นรางวัลกลุ่มที่ตอบคำถามถูก พบว่า นักเรียนสนุกสนานกับกิจกรรม และกระตือรือร้นในการตอบคำถามชิงรางวัล	

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวงจรที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรม	สิ่งที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้	ข้อเสนอแนะ
ขั้นประเมินผล	- ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน - นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป	- นักเรียนจะสนุกกับการทดลองและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี หากครูมีรางวัลมอบให้	- ครูควรนำรูปภาพตัวอย่างมาให้นักเรียนดูก่อน แล้วค่อยให้นักเรียนอธิบายโดยใช้ความรู้จากที่ได้เรียนไป

จากข้อมูลดังตารางที่ 4.1 – 4.7 ที่ผู้วิจัยได้จากการบันทึกหลังการสอนและอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน การตรวจรายงานการปฏิบัติงาน การสังเกตการสอนในเวลาเรียน ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ สามารถสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานเรื่อง กรด – เบส ที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนดังต่อไปนี้

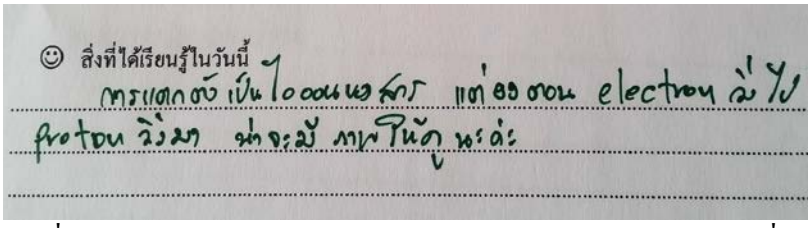
4.1.1 กระตุ้นความสนใจของนักเรียน

1) การกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยสื่อการเรียนการสอน

จากบันทึกหลังสอนของครู อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และการสังเกตการสอนในวงจรที่ 1 ระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ครูเริ่มสร้างความสนใจโดยยกตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในชีวิตประจำวันแล้วให้นักเรียนอภิปรายว่าสารเคมีที่ครูยกตัวอย่างมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส นักเรียนทราบได้อย่างไร และนักเรียนมีวิธีการตรวจสอบอย่างไรบ้าง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่บอกสมบัติของสารเคมีตัวอย่างได้ถูกต้อง แต่เมื่อนักเรียนถูกถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายกรด – เบส กับการทำงานของเครื่องวัดการนำไฟฟ้า พบว่า นักเรียนบางส่วนอธิบายการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายเกลือไม่ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่า การอภิปรายโดย

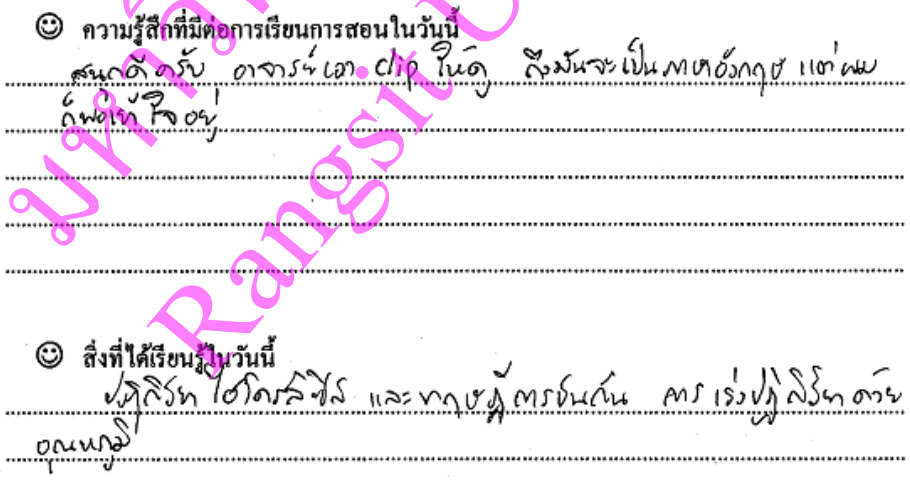
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ที่ไม่มีรูปภาพประกอบจะทำให้ความสนใจของนักเรียนลดลงอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนที่บันทึกไว้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 1
การทดลองเรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

ดังนั้นในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยจึงปรับการใช้สื่อการเรียนการสอนขั้นสร้างความสนใจของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ โดยใช้คลิปวิดีโอ เรื่อง การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายว่า สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเป็นอย่างไร ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกสมบัติความเป็นกรด – เบส อธิบายโครงสร้างโมเลกุลและสภาพขั้วของน้ำได้อย่างถูกต้องและชัดเจน นักเรียนมีความสนใจเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนที่บันทึกไว้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 2
การทดลองเรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ

2) การกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

จากวงจรที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง จุดยุติของการไทเทรตกรด – เบส ในขั้นขยายความรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนอภิปรายว่า การไทเทรตหมายความว่า

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อย่างไร สารละลายมาตรฐานคืออะไร และจุดสมมูลคืออะไร จุดยุติและจุดสมมูลเป็นจุดเดียวกันหรือไม่ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่บอกความหมายของการไทเทรตและสารละลายมาตรฐานได้ แต่อธิบายความแตกต่างระหว่างจุดยุติกับจุดสมมูลไม่ถูกต้อง ดังนั้นในวงจรที่ 5 ผู้วิจัยใช้วิธีการตั้งคำถามกระตุ้นความคิดและความสนใจของนักเรียน พบว่า เมื่อครูสุ่มถามนักเรียนว่าจุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสอ่อนควรอยู่ที่ค่า pH เท่าใด นักเรียนบางส่วนอธิบายด้วยเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ครูจึงใช้คำถามกระตุ้น ดังนี้

“ค่าที่บ่งบอกความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนของสารละลายคืออะไร”

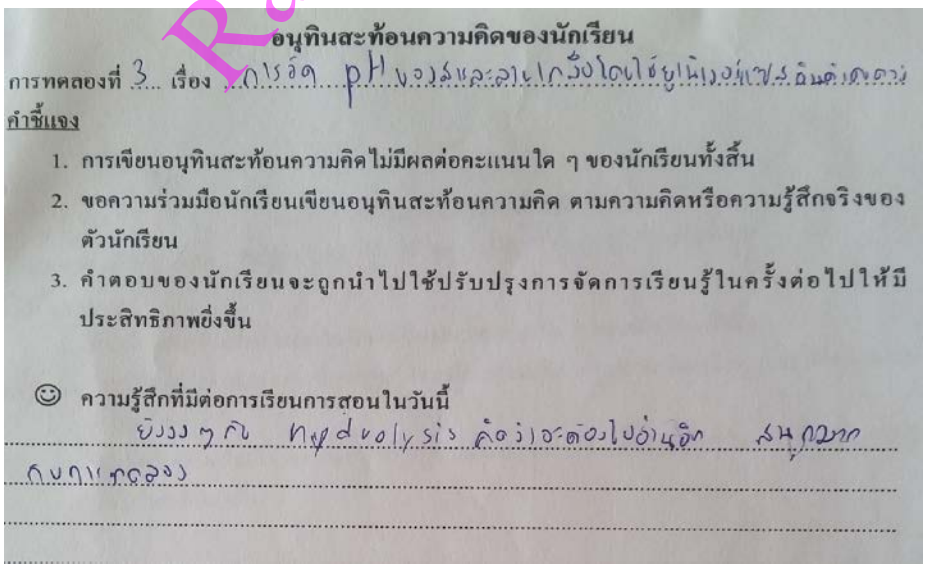
“ค่าคงที่ของการแตกตัวมีประโยชน์อย่างไร”

“ถ้าในระบบหนึ่งมีสารละลายที่เป็นกรดอ่อนและเบสอ่อนปนกันอยู่ นักเรียนจะดูที่ค่าใดเพื่อบอกว่าสารละลายผสมนั้นเป็นกรดหรือเบส”

หลังจากที่ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นความคิด พบว่า ในท้ายที่สุดแล้วนักเรียนสามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง และใช้เวลาในการตอบคำถามน้อยลง

4.1.2 จัดกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทุกคนได้ปฏิบัติจริง

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการสอนเสร็จสิ้นในวงจรที่ 3 เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ พบว่า การจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้นักเรียนเรียนอย่างมีความสุข ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกอนุทินของนักเรียนที่เรียนจบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ดังรูปที่ 4.3 ต่อไปนี้



อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

การทดลองที่ 3 เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

คำชี้แจง

1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิดไม่มีผลต่อคะแนนใด ๆ ของนักเรียนทั้งสิ้น
2. ขอความร่วมมือนักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ตามความคิดหรือความรู้สึกจริงของตัวนักเรียน
3. คำตอบของนักเรียนจะถูกนำไปใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

☺ ความรู้สึกที่มีต่อการเรียนการสอนในวันนี้

ยังงง ๆ กับ hydrolysis ต้องอ่านอีก สนุกมาก ถ้าได้ทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rajabhat University

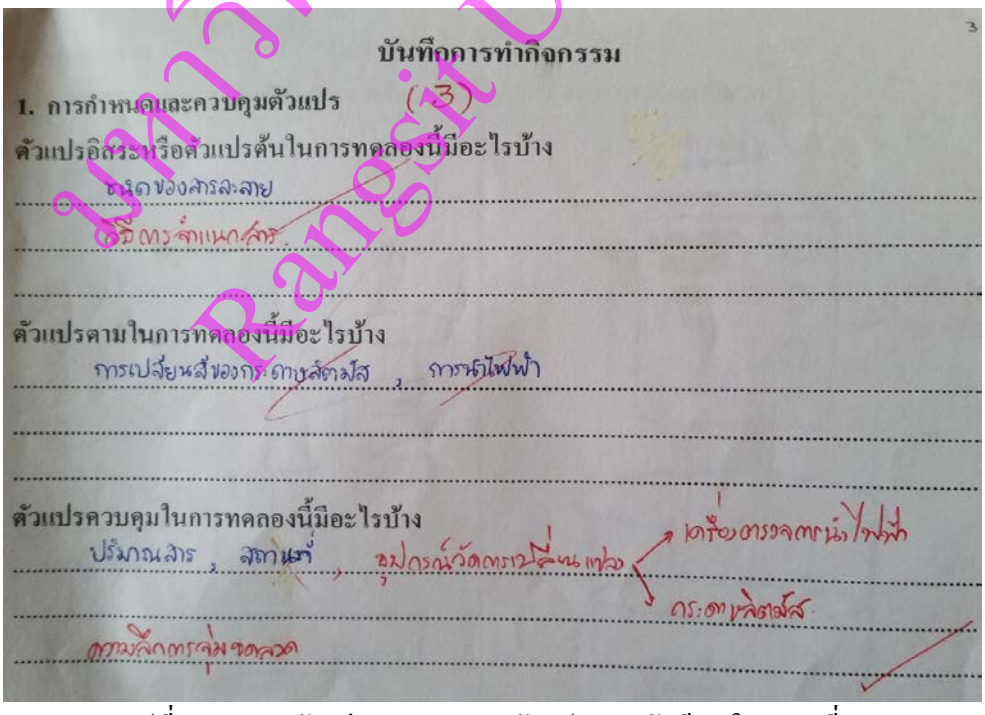
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 3
การทดลองเรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบว่า หลังการทดลองมีนักเรียนบางส่วนยังคงสับสนในหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ซึ่งจากอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.2 ผู้วิจัยได้ทำการปรับลำดับเนื้อหาและกิจกรรม โดยทำการทบทวนเนื้อหาและการเสริมความรู้ใหม่ให้เสร็จสิ้นก่อนที่นักเรียนจะปฏิบัติการทดลอง พบว่า นักเรียนเข้าใจหลักการและการปฏิบัติการทดลอง รวมทั้งสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง

4.1.3 ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานทุกด้าน

1) การส่งเสริมทักษะการกำหนดตัวแปร

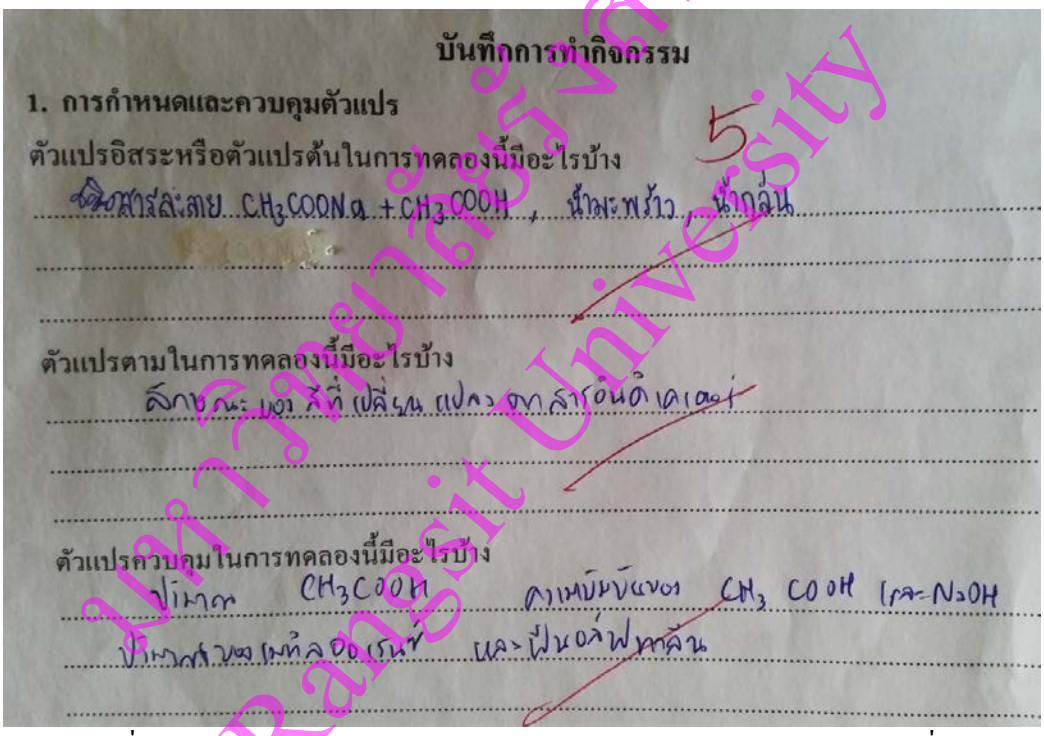
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยบทปฏิบัติการซึ่งออกแบบให้นักเรียนตอบคำถามและกำหนดตัวแปร 3 ชนิด คือ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม แต่หลังจากดำเนินการสอนในวงจรที่ 1 เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนบางส่วนการกำหนดตัวแปรไม่ถูกต้อง และนักเรียนส่วนใหญ่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลองได้ไม่ครบดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างการกำหนดตัวแปรของนักเรียนในวงจรที่ 1
การทดลองเรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากรูปที่ 4.4 พบว่า นักเรียนกำหนดตัวแปรได้ถูกต้องแต่ยังจำกัดในวงแคบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ โดยครูเน้นการขยายกรอบความคิดของนักเรียนให้กว้างขึ้นด้วยวิธีการยกตัวอย่างการกำหนดตัวแปรเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนขึ้น ก่อนที่จะให้นักเรียนกำหนดตัวแปรของการทดลองที่ 2 นอกจากนี้ ผู้วิจัยจะให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง โดยให้นักเรียนดูรายงานการปฏิบัติการทดลองของตนเองที่ครูตรวจแล้ว เพื่อศึกษาว่าผิดตรงไหน จากนั้น ผู้วิจัยจะบอกแนวทางการแก้ไขให้กับนักเรียน เพื่อป้องกันการทำผิดซ้ำในการทดลองครั้งถัดไป ซึ่งผลจากการปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้แสดงดังรูปที่ 4.5 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนในวงจรที่ 7 การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

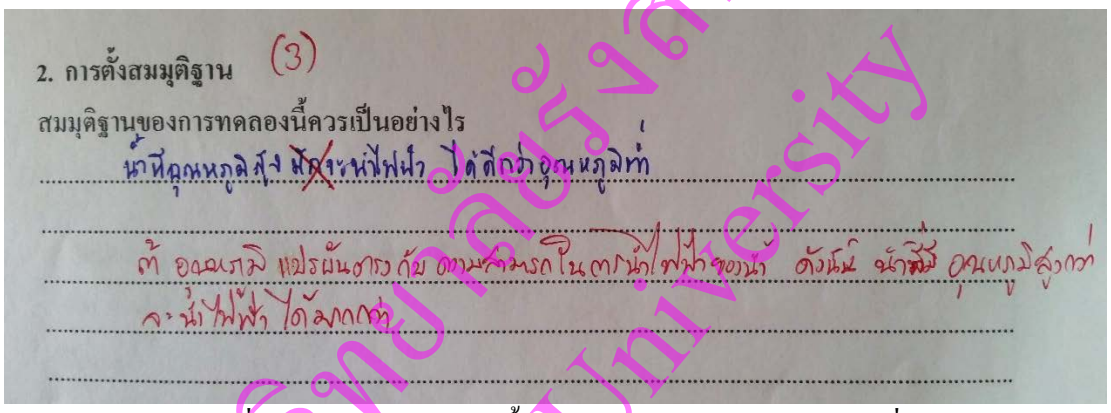
โดยหลังจากที่ได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการกำหนดตัวแปรของนักเรียนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ผู้วิจัยจึงสรุปแนวทางในการส่งเสริมทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรให้กับนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานว่าครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่ถูกต้องในการแก้ไข เพื่อป้องการกระทำผิดซ้ำ

2) การส่งเสริมทักษะการตั้งสมมติฐาน

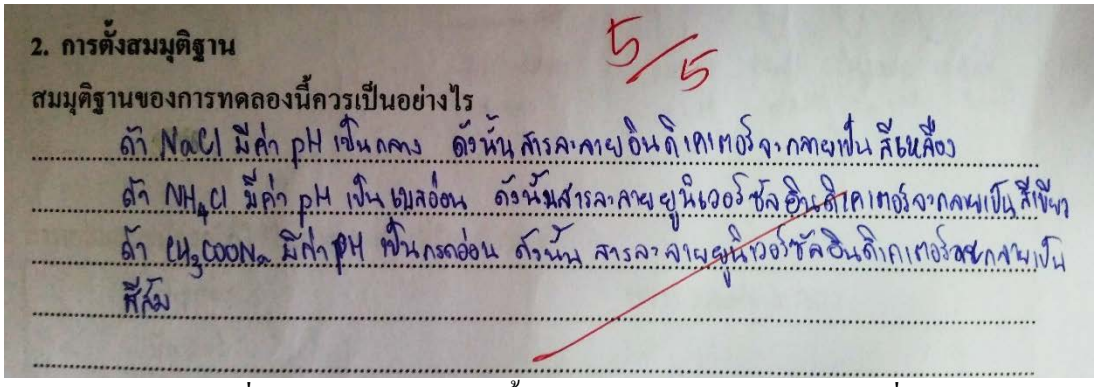
จากตารางที่ 4.2 เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนที่ตั้งสมมติฐานได้ดียังมีจำนวนน้อย ส่วนใหญ่ตั้งสมมติฐานในรูปแบบของการตั้งคำถามหรือการบอกความน่าจะเป็น ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการตั้งสมมติฐานของนักเรียนในวงจรที่ 2
การทดลองเรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ

จากสถานการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยคิดว่าการให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง โดยมีครูคอยให้คำแนะนำที่ถูกต้องในการแก้ไข ร่วมกับการที่ครูเป็นฝ่ายเริ่มต้นตั้งสมมติฐานให้นักเรียนก่อนแล้วจึงให้นักเรียนทำตามแนวทางที่ครูเริ่มต้นให้ จะช่วยให้นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานได้ดีขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ โดยครูเป็นฝ่ายตั้งสมมติฐานให้นักเรียนก่อน 1 ข้อ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตรูปแบบและตั้งสมมติฐานข้อที่ 2 ตามแนวทางที่ครูเริ่มต้นให้ พบว่าในการทดลองถัดมา นักเรียนตั้งสมมติฐานได้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University


2. การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานของการทดลองนี้ควรเป็นอย่างไร

ถ้า NaCl มีค่า pH เป็นกลาง ดังนั้น สารละลายอินดิเคเตอร์จะกลายเป็นสีแดงเลือด

ถ้า NH_4Cl มีค่า pH เป็นเบสอ่อน ดังนั้นสารละลายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์จะกลายเป็นสีเขียว

ถ้า CH_3COONa มีค่า pH เป็นกรดอ่อน ดังนั้น สารละลายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์จะกลายเป็นสีส้ม

5/5

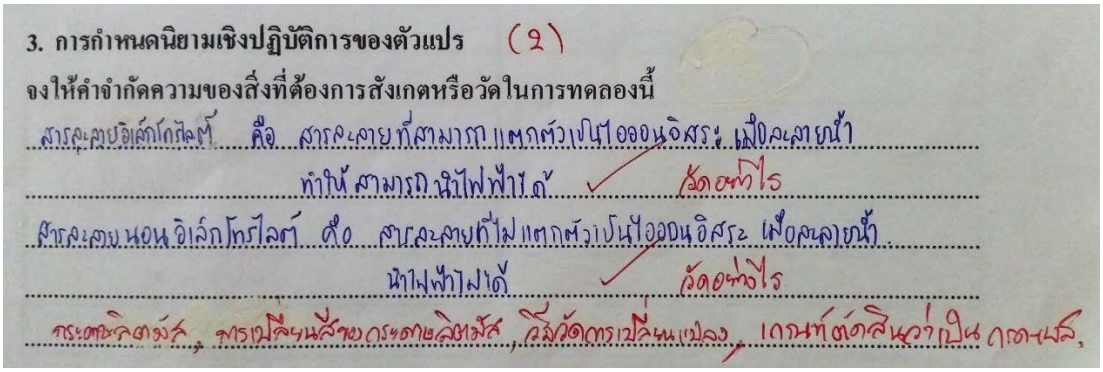
รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างการตั้งสมมติฐานของนักเรียนในวงจรที่ 3
การทดลองเรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนตั้งสมมติฐานได้ดีขึ้นกว่าช่วงแรก ดังนั้น แนวทางในการส่งเสริมทักษะการตั้งสมมติฐานให้กับนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ครูจะต้องให้นักเรียนได้รู้ว่าข้อผิดพลาดของตนเองพร้อมให้คำแนะนำในการปรับปรุงตนเอง นอกจากนี้ ครูต้องเป็นฝ่ายเริ่มต้นในการตั้งสมมติฐานให้นักเรียนก่อนเล็กน้อย เพื่อให้นักเรียนได้รู้แนวทางและสามารถตั้งสมมติฐานที่ถูกต้องและเหมาะสมได้ด้วยตนเอง

3) การส่งเสริมทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

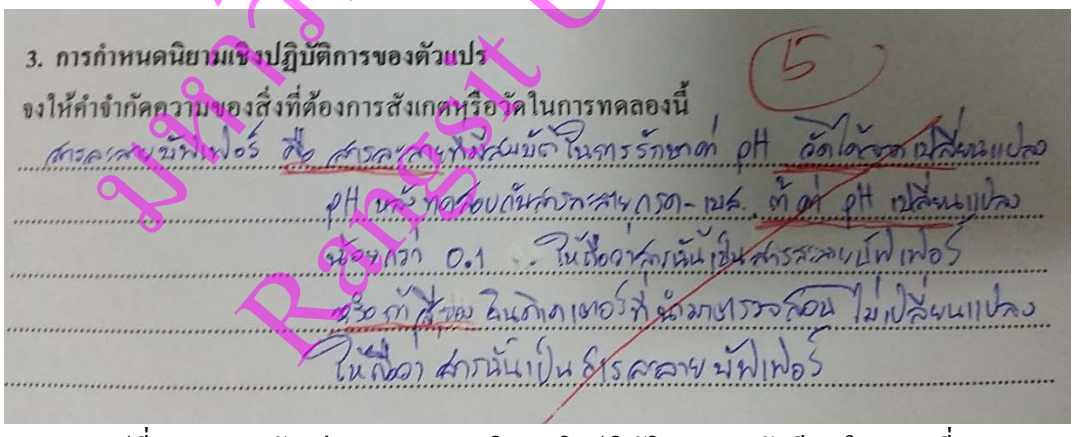
จากการสังเกตการณ์สอน บันทึกหลังการสอน และรายงานการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ พบว่า ในขั้นสร้างความสนใจ เมื่อครูให้นักเรียนแสดงทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีนักเรียนหลายคนไม่เข้าใจความหมายของคำว่าการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการฝึกฝนทักษะด้านนี้ ดังนั้น นักเรียนจึงไม่สามารถให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.8 ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนในวงจรที่ 1
การทดลองเรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยคิดว่า นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง โดยมีครูคอยช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ โดยในขั้นสร้างความสนใจ ครูจะให้นักเรียนดูรายงานการปฏิบัติการทดลองของตนเองและแนะนำให้นักเรียนแก้ไขงานให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป ซึ่งหลังจากดำเนินการสอนตามแผนที่ปรับปรุง พบว่า นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.9 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนในวงจรที่ 7
การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

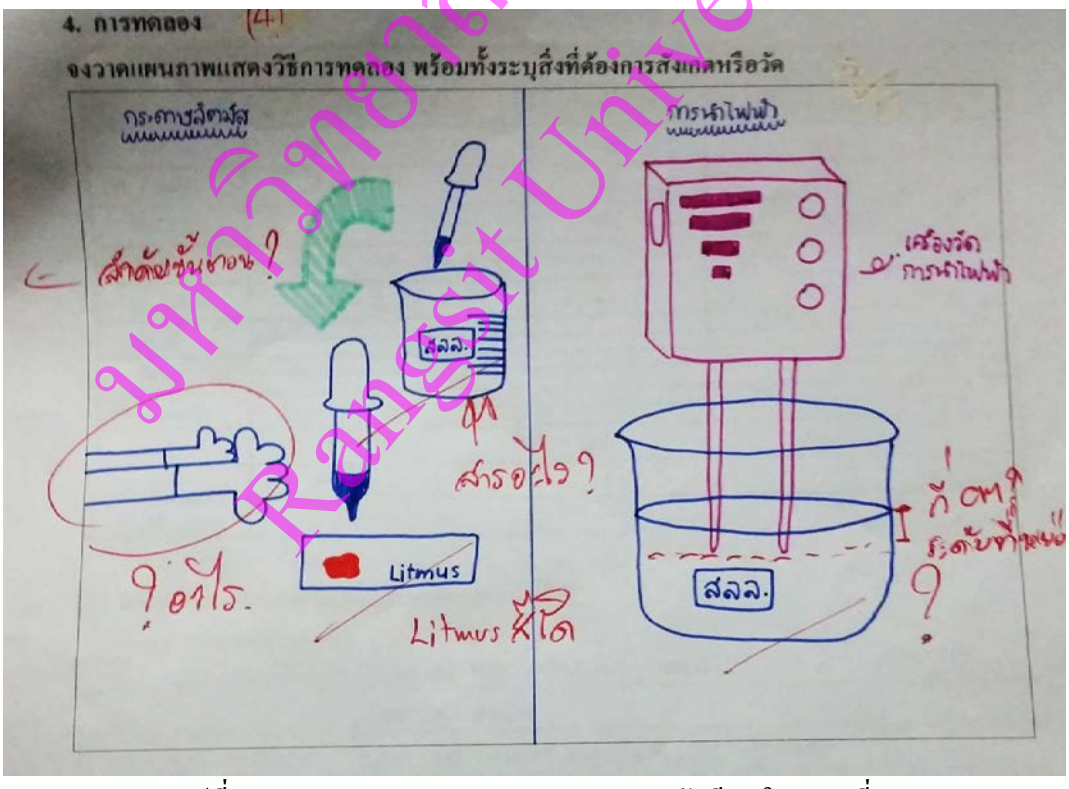
หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ถูกต้องและชัดเจน ดังนั้น แนวทางในการส่งเสริมทักษะการกำหนดนิยาม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เชิงปฏิบัติการให้กับนักเรียน ครูต้องชี้ให้นักเรียนเห็นข้อผิดพลาด พร้อมทั้งแนะนำแนวทางแก้ไข ปรับปรุง รวมถึงให้นักเรียนฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง

4) การส่งเสริมทักษะการทดลอง

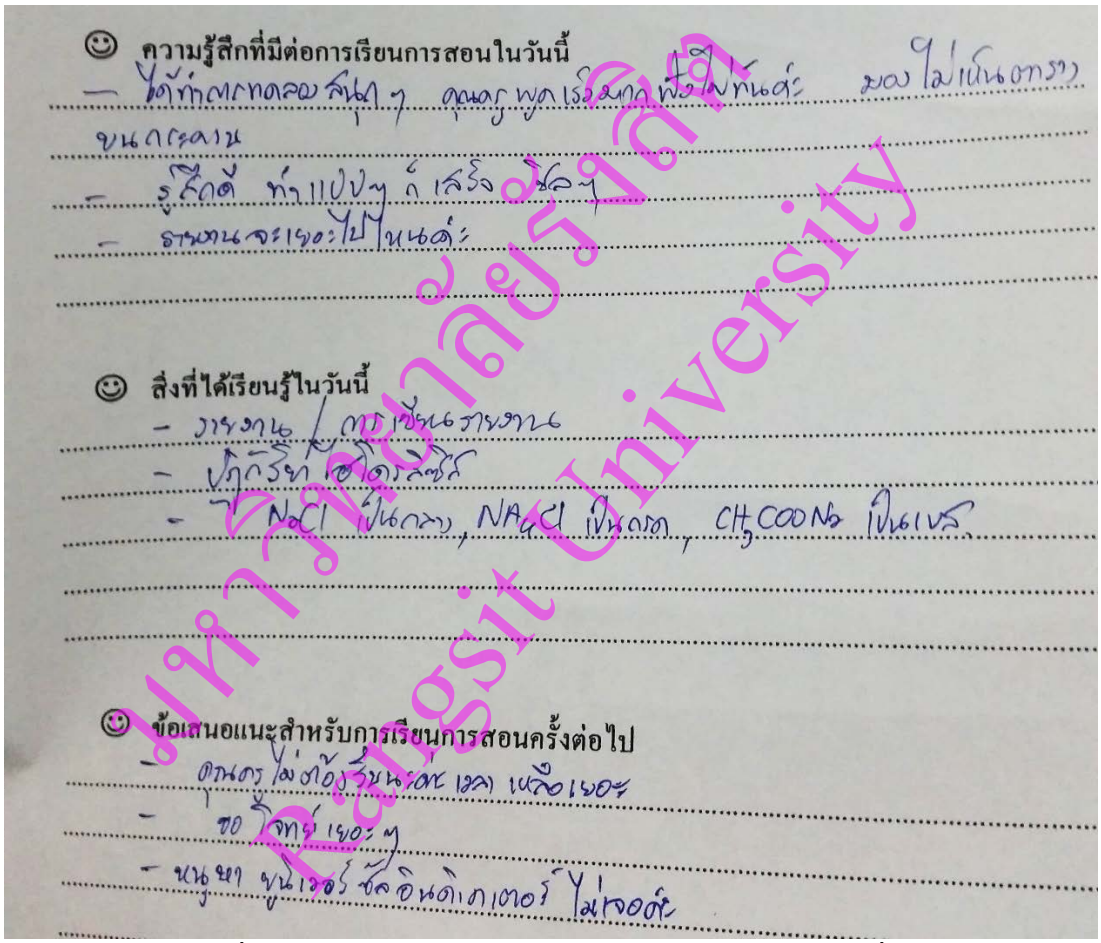
จากตารางที่ 4.1 และรายงานการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ เสร็จสิ้น พบว่า โดยปกตินักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีทักษะการทดลองในระดับดี เนื่องจากหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนได้จัดให้มีวิชาโครงงาน ดังนั้นนักเรียนจึงมีความคุ้นเคยกับอุปกรณ์และสารเคมีบางชนิด อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบรายงานการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนกลับพบว่า นักเรียนไม่ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนรายงานผลการทดลองเลย และเมื่อครูลองไม่บอกนักเรียนว่าจะใช้เครื่องมือขนาดเท่าไหร่ และใช้สารเคมีที่ความเข้มข้นเท่าใด นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถประมาณค่าและวางแผนการทดลองได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.10 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.10 แสดงการวางแผนการทดลองของนักเรียนในวงจรที่ 2
การทดลองเรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนสับสนเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง และการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมี สถานการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยคิดว่าปัญหาเกิดจากตัวของผู้วิจัยเอง เนื่องจากในการอธิบายขั้นตอนและให้คำแนะนำในการปฏิบัติการทดลอง ผู้วิจัยอธิบายด้วยความรวดเร็ว อาจทำให้นักเรียนบันทึกรายละเอียดตามไม่ทัน นอกจากนี้ ในวงจรที่ 1 ถึง 3 ผู้วิจัยไม่ได้จัดวางเครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมีอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนบางคน ดังรูปที่ 4.11 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.11 แสดงอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในวงจรที่ 3
การทดลองเรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา โดยจัดกิจกรรมที่มีจุดเน้น ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.1) สร้างความเข้าใจกับนักเรียนว่า การเขียนรายงานผลการทดลองจะต้องเขียนเพื่อให้บุคคลอื่นที่อ่านรายงานสามารถปฏิบัติการทดลองตามได้ และจะต้องได้ผลการทดลองเหมือนกัน

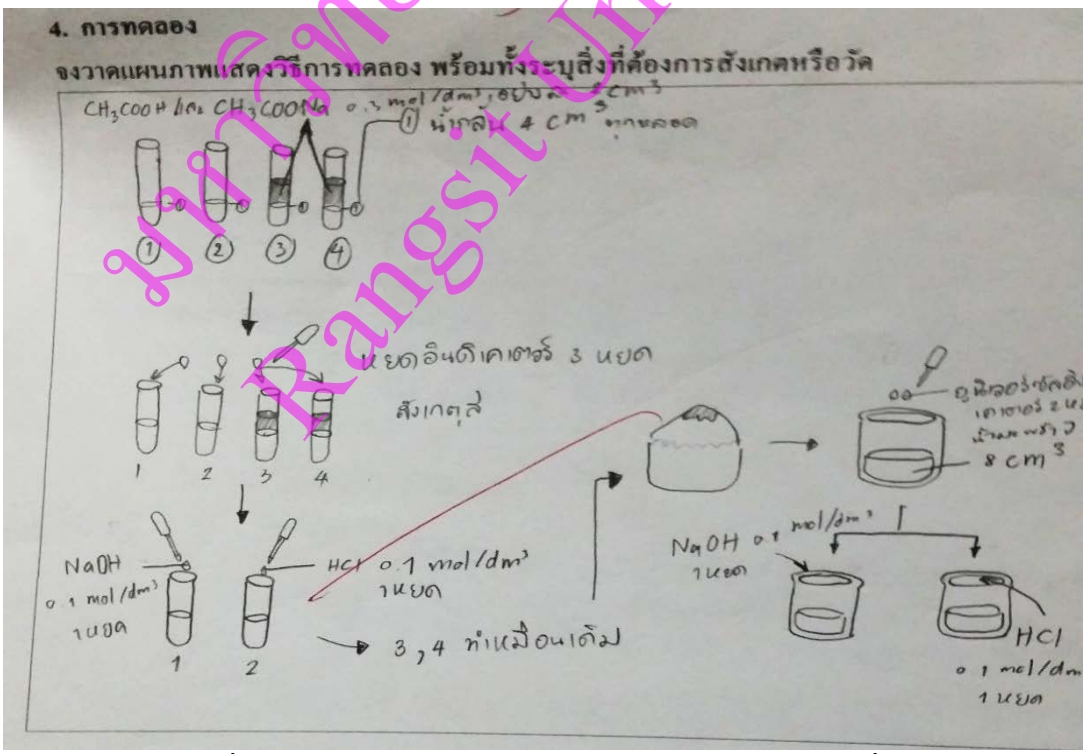
4.2) ชี้ให้นักเรียนรู้ว่าจะต้องแก้ไขข้อผิดพลาดอย่างไร

4.3) ในขั้นเตรียมการสอน ครูควรจัดวางเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีให้เป็นระเบียบ นักเรียนสามารถค้นหาและหยิบจับง่าย

4.4) ควรตรวจสอบความพร้อมของนักเรียน ก่อนให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

4.5) ไม่ควรอธิบายขั้นตอนการทดลองเร็วเกินไป หรืออธิบายในขณะที่นักเรียนยังไม่พร้อม

หลังจากดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้ว พบว่า นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน และได้ผลการทดลองตรงกับที่ครูเตรียมไว้ การเขียนรายงานของนักเรียนถูกต้องและชัดเจน นักเรียนมีการระบุเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีครบถ้วน พร้อมทั้งบอกขนาดและความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง ดังรูปที่ 4.12 ต่อไปนี้



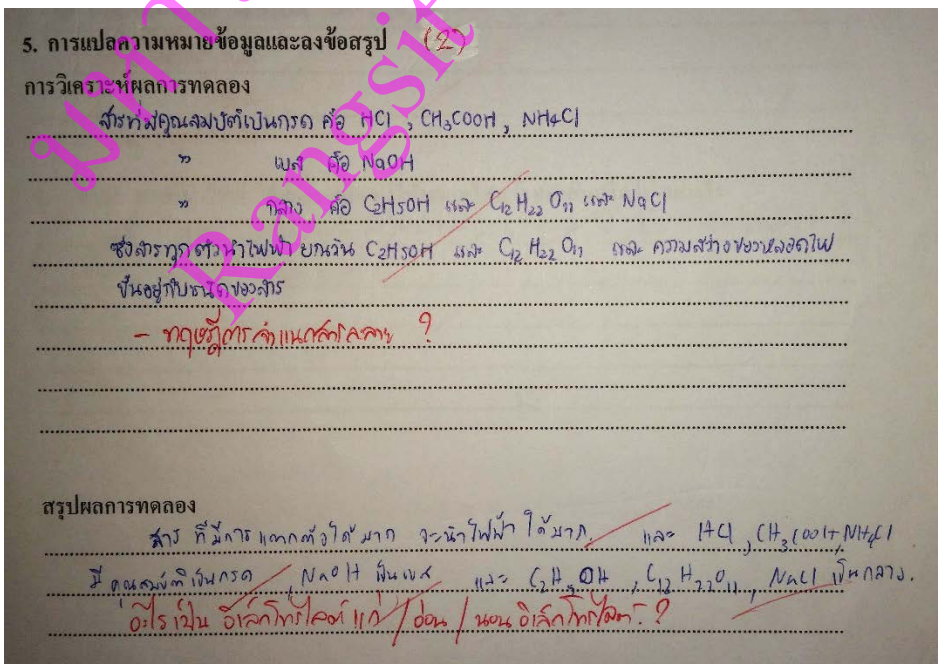
รูปที่ 4.12 แสดงการวางแผนการทดลองของนักเรียนในวงจรที่ 7
การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองของนักเรียนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนสามารถทดลองได้ถูกต้องตามขั้นตอน พร้อมทั้งระบุเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีได้อย่างชัดเจน ดังนั้น แนวทางในการส่งเสริมทักษะการทดลองให้กับนักเรียน ครูควรจัดเตรียมสิ่งของที่ใช้ในการทดลองให้พร้อม จัดวางให้เป็นระบบระเบียบ เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความสับสนระว่างดำเนินการทดลอง นอกจากนี้ ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง แนะนำแนวทางแก้ไขปัญหา ย้ำให้นักเรียนเล็งเห็นความสำคัญของการรายงานผลการทดลอง อธิบายขั้นตอนการทดลองเมื่อนักเรียนมีความพร้อมและอธิบายอย่างช้า ๆ เพื่อให้นักเรียนฟังและจดบันทึกคำแนะนำในการทดลองจากครูได้ทันไม่ผิดเพี้ยนไป

5) การส่งเสริมทักษะการแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป

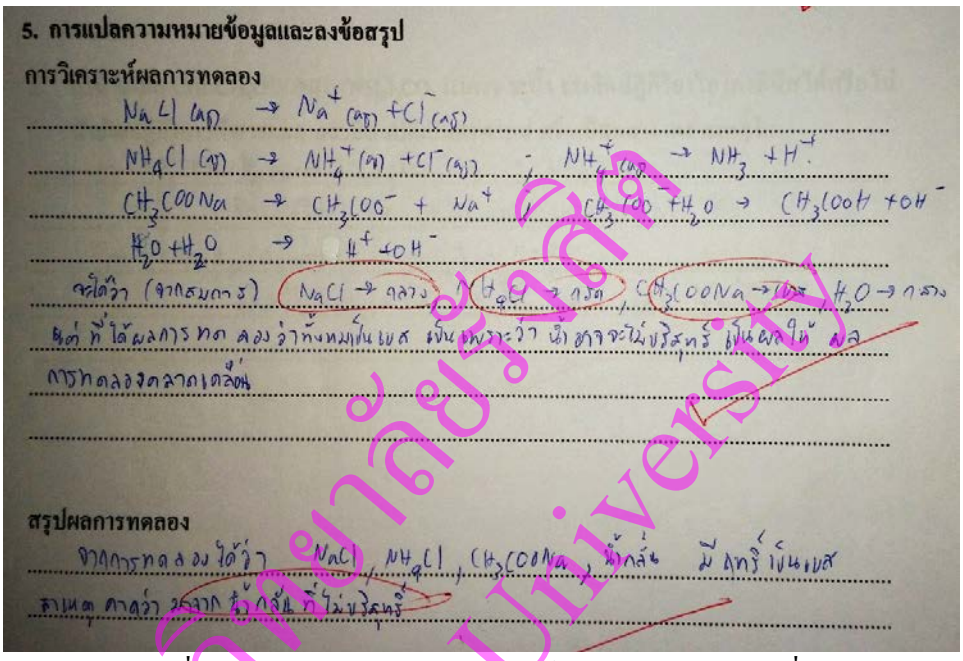
จากแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีปัญหาในการเชื่อมโยงผลการทดลองเข้ากับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นเนื้อหา เรื่อง สารอิเล็กโทรไลต์และสารนอนอิเล็กโทรไลต์ การแตกตัวเป็นไอออนของสารละลาย และสมบัติความเป็นกรดเบสของสารละลาย นักเรียนวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.13 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลในวงจรที่ 2
การทดลองเรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ดังนั้นในการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ จึงเน้นฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์ผลการทดลองโดยนำมาเชื่อมโยงกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผลปรากฏว่า นักเรียนมีการนำส่วนที่เป็นทฤษฎีมาช่วยอธิบายผลการทดลอง มีการเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้นในระบบ ดังรูปที่ 4.14 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลในวงจรที่ 3
การทดลองเรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

ในระหว่างดำเนินกิจกรรมสุ่มเลขที่นักเรียนเพื่อตอบคำถาม ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ยังขาดความมั่นใจในตนเอง ซึ่งในการปรับกิจกรรมการอภิปรายและตอบคำถามในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป จึงมีการเสริมแรงจูงใจในการเรียนด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น แบ่งกลุ่มแข่งขันกันตอบคำถามเพื่อรับคะแนนพิเศษ การให้รางวัลและปรบมือแสดงการให้กำลังใจ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งพบว่านักเรียนสามารถแสดงทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้อย่างที่ผู้วิจัยคาดหวัง ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ซึ่งลักษณะสำคัญของการออกแบบกิจกรรมสรุปดังนี้

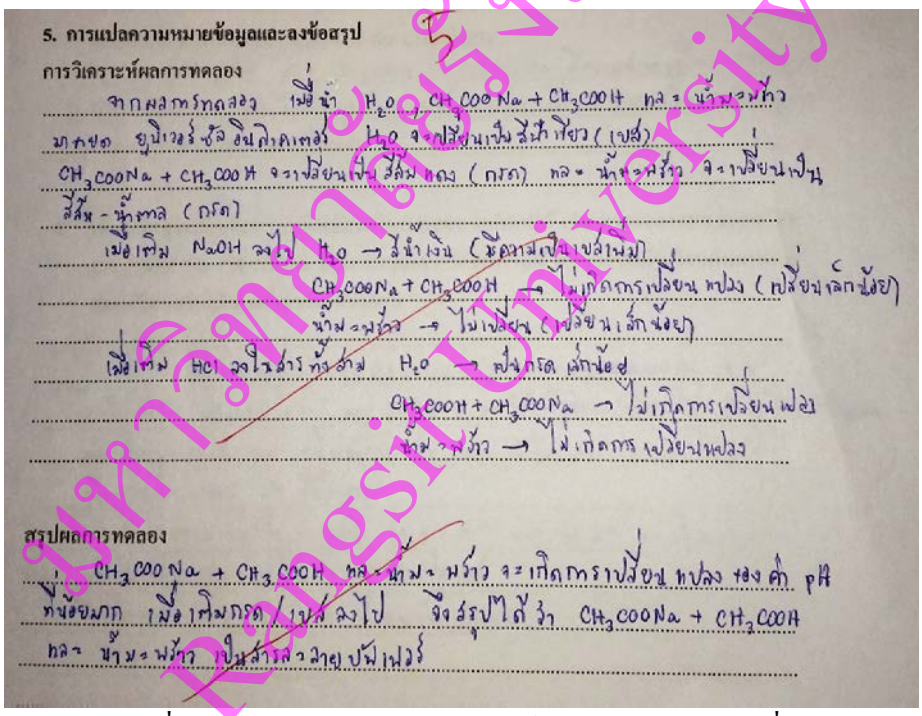
5.1) ฝึกให้นักเรียนเชื่อมโยงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเข้ากับผลการทดลอง โดยอาศัยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การแบ่งกลุ่มแข่งขันตอบคำถาม การใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนเพื่อให้หาคำตอบที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง การสุ่มเลขที่นักเรียนเพื่อทำกิจกรรม เป็นต้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5.2) ควรสอนทฤษฎีหรือทบทวนเนื้อหาความรู้เดิมให้เสร็จก่อนนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมการทดลอง

5.3) ในระหว่างการอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปผลการทดลองของนักเรียน ครูอาจช่วยทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้าง เพื่อช่วยให้นักเรียนลงข้อสรุปได้เร็วขึ้น

5.4) เมื่อนักเรียนตอบคำถามได้อย่างถูกต้องหรือปฏิบัติกิจกรรมสำเร็จตามขั้นตอนที่ถูกต้อง ครูควรเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การให้รางวัล การแสดงความชื่นชมยินดี การแสดงว่าเชื่อมั่นในตัวนักเรียนโดยให้นักเรียนที่สามารถแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้องช่วยเหลือเพื่อนนักเรียนคนอื่นให้สามารถแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ เป็นต้น



รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลในวงจรที่ 7
การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองได้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง มีการนำทฤษฎีมาช่วยอธิบายผลการทดลองและลงข้อสรุปได้อย่างมีเหตุผล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.2 ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบประเมินซึ่งเป็นมาตรส่วนประมาณค่า (Likert's Scale) ที่มี 5 ระดับ นักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ โดยผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การปฏิบัติการเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส เป็นดังแสดงในตารางที่ 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน

ทักษะ	คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 5 คะแนน)							คะแนนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบระหว่างการทดลองที่ 1 กับ 7
	1	2	3	4	5	6	7	
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	2.4	2.8	4.0	3.8	4.2	4.5	4.7	2.3
การตั้งสมมติฐาน	3.0	3.2	4.2	4.8	4.6	5.0	4.8	2.0
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1.3	2.7	3.4	3.1	4.6	4.4	4.4	3.1
การทดลอง	3.3	3.8	4.4	4.5	4.6	5.0	5.0	1.7
การแปลความหมายและลงข้อสรุป	2.5	2.8	4.3	4.1	4.4	3.8	4.5	2.5

จากตารางที่ 4.8 นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานในทุกด้าน เนื่องจากผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือทำด้วยตนเองมากที่สุด โดยทักษะด้านการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรคือทักษะที่ได้รับการพัฒนามากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.1 คะแนน รองลงมาคือ ทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.5 คะแนน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.3 คะแนน ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.0 คะแนน และทักษะการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.7 คะแนน ตามลำดับ โดยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานผู้วิจัยมีแนวทางดังนี้

4.2.1 การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ผู้วิจัยอธิบายความหมายของตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ก่อนปฏิบัติการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการและลงมือทำการทดลอง รวมทั้งตอบคำถามในบทปฏิบัติการว่าการทดลองที่นักเรียนทำอยู่นั้น มีตัวแปรกี่ชนิด อะไรบ้าง ซึ่งในวงจรที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรเท่ากับ 2.4 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ผู้วิจัยจึงปรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยให้เวลาในการชี้นำนักเรียนและให้นักเรียนฝึกระบุและจัดการกับตัวแปรชนิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองมากขึ้น ผลที่ได้คือ นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง และครบถ้วน จึงทำให้คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ยกเว้นในวงจรที่ 3 เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ นักเรียนระบุตัวแปรแต่ละชนิดมาน้อยเกินไปทำให้มีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองลดลง แต่หลังจากนั้นคะแนนปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในวงจรที่ 7 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรเท่ากับ 4.7 คะแนน เนื่องจากนักเรียนได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง และผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่ถูกต้องในการแก้ไข

4.2.2 การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

ผู้วิจัยใช้การอธิบายและยกตัวอย่างการตั้งสมมติฐานเพิ่มเติม ก่อนที่จะให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง พร้อมทั้งให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นการบ้าน โดยให้นักเรียนตั้งสมติฐานเกี่ยวกับการทดลองที่กำลังปฏิบัติอยู่ จากการซักถามนักเรียนบางส่วน พบว่า ในวงจรที่ 1 นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานได้ค่อนข้างดีและมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมิน เท่ากับ 3.0 คะแนน อาจเนื่องมาจากในช่วงที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนได้เรียนวิชาโครงงานที่มีการสอนเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐานการวิจัยด้วย และเนื่องจากครูให้นักเรียนได้รู้ว่าข้อผิดพลาดของตนเองพร้อมให้คำแนะนำในการปรับปรุงตนเองอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งเป็นฝ่ายเริ่มต้นในการตั้งสมมติฐานให้นักเรียนก่อนเล็กน้อย เพื่อให้นักเรียนได้รู้แนวทางและสามารถตั้งสมมติฐานที่ถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้นในวงจรที่ 7 นักเรียนจึงมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินเพิ่มขึ้นเป็น 4.8 คะแนน

4.2.3 การพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rajabhat University

จากคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองในวงจรที่ 1 พบว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นทักษะที่นักเรียนด้อยพัฒนามากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมิน เท่ากับ 1.3 คะแนน ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความใส่ใจเป็นพิเศษ โดยในวงจรที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยจะทำหน้าที่ช่วยคิดช่วยทำ สาธิตให้ดูเป็นตัวอย่าง พร้อมทั้งอธิบายความหมาย ยกตัวอย่าง และให้แบบฝึกหัดเพิ่มเติม ผลที่ได้คือ คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองในวงจรที่ 2 และ 3 เพิ่มขึ้นจาก 1.3 คะแนน เป็น2.7 และ 3.4 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งผลจากการฝึกยกตัวอย่างการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การใช้คำถามกระตุ้นความคิด การให้นักเรียนได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดองตนเองพร้อมทั้งได้รับคำแนะนำในการแก้ไขงานจากครู ส่งผลให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองในวงจรที่ 7 เพิ่มขึ้นเป็น 4.4 คะแนน

4.2.4 การพัฒนาทักษะการทดลอง

เนื่องจากเป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ดังนั้น นักเรียนจะได้ทำการทดลองมากกว่าปกติ ทำให้เกิดความคุ้นเคยกับการปฏิบัติงาน เมื่อผู้วิจัยประเมินการปฏิบัติงานพบว่า ในวงจรที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองเท่ากับ 3.3 คะแนน ซึ่งเกินครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม การพัฒนาทักษะด้านนี้ผู้วิจัยให้แบบฝึกหัดเพิ่มเติม อธิบาย ยกตัวอย่าง และคอยดูแลอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการไทเทรตกรด – เบส ผู้วิจัยใช้วิธีจัดหาวิดีโอคลิปและทำการสาธิตให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง เพราะการไทเทรตกรด – เบส เป็นส่วนหนึ่งของการสอบภาคปฏิบัติ ดังนั้น นักเรียนส่วนใหญ่จะใส่ใจมาก โดยในการทดลองที่6 และ 7 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการปฏิบัติการทดลองเท่ากับ 5.0 คะแนน

4.2.5 การพัฒนาทักษะการแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป

จากตารางที่ 4.8 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะการแปลความและลงข้อสรุปในวงจรที่ 1 เท่ากับ 2.5 คะแนน ผู้วิจัยใช้วิธีการอธิบาย ยกตัวอย่าง และครูเป็นฝ่ายนำนักเรียนสรุปการทดลอง จนถึงวงจรที่ 3 นักเรียนเกิดการพัฒนาได้อย่างชัดเจน โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการแปลความและลงข้อสรุปเท่ากับ 4.3 คะแนน และเนื่องจากจากการปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมทักษะการแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรูป ได้แก่ การทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบการอภิปรายของนักเรียน การจัดกิจกรรมและเสริมแรงจูงใจ ส่งผลให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนทักษะด้านนี้อย่างต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะการแปลความและลงข้อสรุปในวงจรที่ 7 เท่ากับ 4.5 คะแนน ซึ่งเพิ่มจากวงจรที่ 1 ถึง 2.5 คะแนน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนทั้งก่อนการวิจัยและหลังเสร็จสิ้นการวิจัย โดยใช้แบบวัดปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 20 ข้อ ได้ผลดังตารางที่ 4.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่าที (t)	นัยสำคัญ (sig.)
ก่อนเรียน	20	10.76	3.67	14.94	0.01
หลังเรียน	20	16.88	2.13		

หมายเหตุ ค่าวิกฤติของ t ที่ระดับ .01, df 24 = 2.797

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การที่นักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในระหว่างการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนได้ฝึกใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานอย่างต่อเนื่องจนเกิดความเคยชินและสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องตามหลักปฏิบัติการเคมี จนกระทั่งได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่เกิดจากการลงมือทำด้วยตนเอง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน และศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ผู้วิจัยสรุปสาระสำคัญของการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานเรื่อง กรด – เบส ที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน ในการจัดการเรียนรู้ควรมีสิ่งสำคัญดังต่อไปนี้

1) มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยสื่อการเรียนการสอนที่น่าสนใจและการใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์

2) จัดกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทุกคนได้ปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมมากที่สุด

3) ให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง

4) อธิบายและเน้นย้ำเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเขียนรายงานการทดลอง

5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานอย่างจริงจังและต่อเนื่อง

5.1.2 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

ในการวิจัยนี้พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนได้ดี คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินการ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ปฏิบัติการทดลองระหว่างวงจรที่ 1 กับ 7 พบว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร เพิ่มขึ้น 2.3 คะแนน ทักษะการตั้งสมมติฐาน เพิ่มขึ้น 2.0 คะแนน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร เพิ่มขึ้น 3.1 คะแนนทักษะการทดลอง เพิ่มขึ้น 1.7 คะแนน และทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุปของข้อมูล เพิ่มขึ้น 2.5 คะแนน นักเรียนทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ผู้วิจัยอภิปรายผลดังนี้

5.2.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน

จากผลข้อสรุปผลการวิจัยสามารถอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการที่นำกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน มาประยุกต์ได้ดังต่อไปนี้

1) การกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยสื่อการเรียนการสอนที่น่าสนใจและการใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการสร้างความสนใจและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน ซึ่งวงจรที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าการใช้วิธีการตั้งคำถามและบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่สามารถสร้างความสนใจหรือกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความรู้สึกอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรม แต่ในวงจรที่ 2 เมื่อผู้วิจัยใช้สื่อที่เป็นรูปภาพ วิดีโอ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ พบว่านักเรียนให้ความสนใจและกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมอย่างมาก สอดคล้องกับผลการวิจัยของ จารุวรรณ เยาว์จุ้ย (2553: 38) พบว่า ชุดกิจกรรมปฏิบัติการที่มีภาพอธิบายขั้นตอนช่วยให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติการทดลองได้มากขึ้น และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Bekir (2007: 20 - 21) ที่พบว่า การใช้วิดีโอสาธิตและโปรแกรมจำลองสถานการณ์ในวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยกระตุ้นความสนใจใฝ่รู้ของนักเรียนมากกว่าการสอนแบบบรรยาย นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่า การใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์สามารถ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กระตุ้นความคิดและความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Phil Seok Oh (2009: 555) ซึ่งกล่าวว่า การให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การใช้คำถามกระตุ้นความคิดให้นักเรียนอธิบาย การให้นักเรียนใช้สื่อการสอนที่เป็นรูปธรรม สามารถกระตุ้นความสนใจในการเรียนของนักเรียนได้มากขึ้น

2) การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทุกคนได้ปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมมากที่สุด

การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงจากการลงมือปฏิบัติและเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งใหม่และเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง เนื่องจากการศึกษาวิธีการทดลองจากหนังสือเพียงอย่างเดียวไม่สามารถช่วยให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง ดังนั้นในแต่ละวงจร ผู้วิจัยจึงให้โอกาสนักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเองและมีส่วนร่วมกับกิจกรรมมากที่สุด เพื่อให้นักเรียนได้แบ่งปันความรู้ ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม เกิดกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อังสนา เข็มใคร (2552: 113) ซึ่งพบว่า การสอนที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน สมาชิกในกลุ่มทุกคนร่วมกันทำกิจกรมต่าง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ่งนภา เอียงอุบล (2555: 106) ซึ่งพบว่า การให้นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติในการสำรวจและค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มากกว่าท่องจำ

3) การให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง

จากผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนสามารถกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ปฏิบัติการทดลอง และสรุปผลการทดลองได้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะนักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง โดยในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยได้นำรายงานการทดลองที่ผ่านการตรวจและให้คะแนนแล้วไปให้นักเรียนได้ดู พร้อมทั้งแนะนำแนวคำตอบที่ถูกต้องและเหมาะสมให้กับนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานดีขึ้นทีละน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ แมน เชื้อบางแก้ว (2556: 105 - 107) ที่กล่าวว่า ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ครูจะต้องให้นักเรียนวางแผนและปฏิบัติด้วยตนเอง ถ้าหากในการทดลองมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ครูจะต้องให้คำปรึกษาและชี้ให้นักเรียนเห็นแนวทางแก้ไข

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4) การอธิบายและเน้นย้ำเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเขียนรายงานการทดลอง

ในการดำเนินการวิจัยในวงจรที่ 1 ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนรายงานการทดลองตามรูปแบบเดิมที่นักเรียนคุ้นเคย พบว่า รายงานการทดลองที่นักเรียนเขียนไม่สามารถนำไปให้ผู้อ่านปฏิบัติการทดลองซ้ำตามวิธีการที่นักเรียนระบุได้ เนื่องจากรายงานมีรายละเอียดน้อยเกินไป และนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีอคติและไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการเขียนรายงานการทดลอง แต่ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยได้มีการอธิบายและเน้นย้ำเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเขียนรายงานการทดลองและยกตัวอย่างปัญหาที่เกิดจากการเขียนรายงานการทดลองไม่ถูกต้องเหมาะสม พร้อมทั้งเสริมแรงจูงใจด้วยการแบ่งปันความคิดและชื่นชมรายงานการทดลองของนักเรียนที่เขียนได้ดี พบว่านับตั้งแต่ในวงจรที่ 2 เป็นต้นมา นักเรียนเขียนรายงานการทดลองได้ดีขึ้นทีละน้อย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของธอร์นไดค์ (Thorndike) ซึ่งระบุไว้ว่า การเรียนรู้ทีละน้อยคือการตอบสนองที่เป็นผลสำเร็จซึ่งสามารถสร้างได้ จากกฎแห่งผล (Law of Effect) หากนักเรียนเกิดความพึงพอใจนักเรียนย่อมต้องการที่จะเรียนรู้ต่อไป (Dale Schunk, 1996: 28 - 29)

5) การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานอย่างจริงจังและต่อเนื่อง

แนวทางการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ออกแบบให้นักเรียนได้กำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ปฏิบัติการทดลอง และสรุปผลการทดลองด้วยตนเองในทุกวงจร โดยครูผู้สอนคอยให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการปฏิบัติการทดลองที่ถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานอย่างจริงจังและต่อเนื่อง โดยพบว่านักเรียนทุกกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานในวงจรที่ 7 สูงกว่าวงจรที่ 1 อย่างชัดเจน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของทิศนา (2550: 70) ที่กล่าวว่า การสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริงได้นั้น ครูจะต้องฝึกฝนให้นักเรียนกระทำสิ่งนั้นบ่อย ๆ แต่ควรระว่างอย่าให้เกิดความซ้ำซาก เพราะจะทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hergenhahn and Olson (2005: 61) ที่กล่าวว่า การฝึกกระทำอย่างต่อเนื่องด้วยความเข้าใจจะทำให้การเรียนรู้คงทนถาวร และถ้าไม่ฝึกกระทำบ่อย ๆ การเรียนรู้นั้นอาจถูกลืมเลือนไป ตามกฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) ของธอร์นไดค์ (Thorndike)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

นอกจากนี้ ประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยเห็นว่าส่งผลต่อพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1) สถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในการสอน

ในระหว่างการสอน ผู้วิจัยพบว่าสถานการณ์จริงกับสิ่งที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้แตกต่างกันมาก เช่น ในวงจรที่ 1 พบปัญหาเรื่องความไม่เข้าใจบทบาทของตนเอง หลังจากครูแบ่งกลุ่มใหม่ให้มีการคละเพศและความสามารถ นักเรียนบางคนมีปัญหาในการปรับตัว และมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองน้อยเกินไป ผู้วิจัยได้นำปัญหาที่พบมาปรึกษากับครูพี่เลี้ยงและอาจารย์ที่ปรึกษา และปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น โดยเริ่มจากครูชี้แจงบทบาทของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคนอย่างชัดเจนและถามย้ำเพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนเข้าใจบทบาทที่ต้องรับผิดชอบแล้ว จากนั้นจึงปล่อยให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันเอง วิธีการแก้ไขปัญหานี้ได้ผลดีมาก นักเรียนทุกคนทำงานได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นว่าพัฒนาการของนักเรียนเริ่มดีขึ้นตั้งแต่วงจรที่ 2 ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิวาพร สุวรรณเจริญ (2552: 27 - 49) ซึ่งพบว่า การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมชุมนุมเคมี ช่วยให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจบทบาทของการเป็นนักเคมีและการทำงานแบบนักเคมี ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการทดลองดีขึ้น

2) บทบาทของครูที่สอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

ตั้งแต่การปฏิบัติการวิจัยวงจรที่ 4 ผู้วิจัยประสบปัญหาด้านความยากในการถ่ายทอดวิธีคิดและการปฏิบัติงานเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิด เนื่องจากเนื้อหาช่วงดังกล่าวมีความซับซ้อน แม้ว่าในระหว่างการสอน นักเรียนหลายกลุ่มกำหนดตัวแปร กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาด้านการแปลความหมายและลงข้อสรุปของข้อมูล พบว่า นักเรียนหลายกลุ่มทำได้ไม่ดีนัก ผู้วิจัยจึงทำการปรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยเพิ่มเวลาในการทบทวนความรู้ในคาบเรียน ทั้งในส่วนที่เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานและส่วนที่เป็นเนื้อหาวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้ผลดี นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลอง และรายงานผลการทดลองได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น วิธีการแก้ไขปัญหาลักษณะนี้ได้รับความนิยมมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรินทร จันทร์เพ็ง (2556: 69-71) และ สมฤทัย แปลงศรี (2556: 94-96)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5.2.2 ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน เมื่อเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน

จากผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนในช่วงหลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เยาวลักษณ์ กาญจนจันทร์ (2555: 103) วรางคณา พรมเทพ (2553: 75) วิโรจน์ เฉลยสุข (2541: 75 - 76) ณัฏฐณิชา โพธิ์งาม (2552: 48) และสมชาย เลิศพรสุขสวัสดิ์ (2553: 57 - 59) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนได้เป็นอย่างดี และยังช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ เรืองศรี วัฒเนสก์ และคณะ (2554: 20 - 22) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะทางปัญญา ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานดีขึ้น สามารถนำไปประยุกต์กับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่นได้ เนื่องจากสาขาวิชาต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยทักษะพื้นฐานเหมือนกัน โดยอาจศึกษาความแตกต่างระหว่างเนื้อหาในด้านความยากง่าย ที่มีผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บรรณานุกรม

จรินทร จันทร์เพ็ง. “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.

จารุวรรณ เยาว์จุ้ย. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) เรื่อง ความร้อน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

โชติ คำเด่นเหล็ก. “ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนของครูโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนราชดำริ สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร.” สารนิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ : บริษัท แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปปอเรชั่น, 2553.

ณัฏฐณิชา โพธิ์งาม. “การจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการทดลอง เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. *กระบวนการเรียนรู้ Learning Process*. กรุงเทพฯ : บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, 2545.

ทิศนา แขมมณี. *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ :ด่านสุทธาการพิมพ์, 2550.

นพวรรณ ศรีเกตุ. “การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2550.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บรรณานุกรม (ต่อ)

น้องนาง ปรืองาม. “การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

บุญชม ศรีสะอาด. *การวิจัยสำหรับครู*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2546.

บุญชม ศรีสะอาด, สมนึก ภัททิยธนี, มนตรี อนันตรักษ์, นุชวนา เหลืองอังกูร, อรนุช ศรีสะอาด, สมบัติ ท้ายเรือคำ และคณะ. *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์; 2551.

พันธ์ ทองชุมนุม. *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2547.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, 2548.

ภพ เลาหไพบูลย์. *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2542.

แมน เชื้อบางแก้ว. “การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติทางวิทยาศาสตร์.” ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, 2556.

ยุพิน พิพิธกุล. *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.

เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ. “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนในจังหลัดจันทบุรี.” *วารสารเกษตรศาสตร์*. 28 (2550): 11-22.

เยาวลักษณ์ กาญจนจัทร์. “ผลการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการร่วมกับการจัดแสดงทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ขอนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2555.

รุ่งนภา เอียงอุบล. “การพัฒนาแนวคิด เรื่อง กรดและเบสของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บรรณานุกรม (ต่อ)

เรืองศรี วัฒเนสก์, สรพงษ์ จันทร์หอม, ปะราลี แว่นแก้ว, และรุ้งลาวัลย์ สมสุนันท์. “รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษาผ่านบทเรียนปฏิบัติการเคมี.” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554.

ลลิตา ยังคง. “ความสามารถด้านทักษะปฏิบัติของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยเสริมชุดการแสดงวิทยาศาสตร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์นการพิมพ์, 2538.

วรางคณา พรมเทพ. “การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเท่ากันทุกประการ เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านท่าเลอ จังหวัดน่าน.” การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

วิโรจน์ เฉลยสุข. “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองและการสอนแบบปกติ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2541.

วรรณทิพา รอดแรงค้า, และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, 2542.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *แนวทางการจัดการเรียนรู้โปรแกรมเสริม พสวท*. กรุงเทพฯ : บริษัท โฟร์พริ้นท์ติ้ง จำกัด, 2550.

สมชาย เลิศพรสุขสวัสดิ์. “ผลการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์ กรุงเทพมหานคร.” การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2553.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บรรณานุกรม (ต่อ)

สมฤทัย แปลงศรี. “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.

สิวาพร สุวรรณเจริญ. “การใช้ชุดกิจกรรมชุมนุมเคมีเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2552.

อังสนา เข็มใคร. “การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบซิปปาและการสอนแบบร่วมมือ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร; 2552.

อุไรวรรณ วิจารณกุล. “รายงานการวิจัย เรื่อง ผลของการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติการในวิชาพันธุศาสตร์จุลินทรีย์ต่อความคิดรวบยอดที่สำคัญทางพันธุศาสตร์ ทักษะ และทัศนคติ ของนักศึกษาโปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์.” พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2543.

Bekir, Bayrak. “ To Compare The Effects of Computer Based Learning and Laboratory Based Learning on Student's Achievement Regarding Electric Circrits.” *The Turkish Online Journal of Educational Technology*. 6 (2007) : 1303-6521.

Bruner, Jerome. *The Process of Education*. 2 5th ed. United States of America : Harvard University, 1961.

Center of Learning and Teaching. *Laboratories and Demonstrations*. Nova Scotia : Dalhouse University, 2010.

Chu, R. H. “Project-Based Lab Teaching for Power Electronics and Drives.” *IEEE Transaction on Education*. 51 (2008) : 108 – 113.

Hergenhahn, B. R. and Olson, M. H. *An Instruction to Theories of Learning*. 7th ed. Upper Saddle River. New Jersey: Pearson Education, 2005.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บรรณานุกรม (ต่อ)

Kemmis, S. & McTaggart, R. *The Action Research Planer*. 3rd ed. Victoria : Deakin University Press, 1992.

Schunk, Dale. *Learning Theories*. 2nd ed. Ohio : Prentice-Hall. 1996.

Seok, Phil. "How can Teachers Help Students Formulate Scientific Hypotheses? Some Strategies Found in Abductive Inquiry Activities of Earth Science." *International Journal of Science Education*. 32 (2009) : 541- 560.

Sund, Robert B. and Trowbridge, Leslie W. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. 2nd ed. Columbus : Charles E. Merrill Publishing, 1973.

Teaching Resource Center. *Laboratory Teaching*. Virginia : University of Virginia, 2007.

The American Association for the Advancement of Science. *Science Process Approach*. New York: Commentary for Teacher, 1970.

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ที่กรุณาเสียสละให้คำปรึกษาในการแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จไปได้ด้วยดี ซึ่งรายนามผู้เชี่ยวชาญมีดังต่อไปนี้

1. ผศ.ดร.สุภกร บุญยืน
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2. ดร.ศรีสมร พุ่มสะอาด
   อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

3. อ.สุกัญญา กล่อมเกลี้ยง
   ครูชำนาญการ สาขาวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

คำชี้แจง

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานฉบับเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ

    ข้อ 1 – 4 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

    ข้อ 5 – 8 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

    ข้อ 9 – 12 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

    ข้อ 13 – 16 ทักษะการทดลอง

    ข้อ 17 – 20 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 30 นาที

3. นักเรียนไม่ควรเสียเวลากับข้อใดข้อหนึ่งมากเกินไป

4. ถ้าเจอข้อยาก เว้นข้ามไปทำข้ออื่น ๆ ต่อไปก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงย้อนกลับมาทำใหม่

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ก่อน – หลังเรียน

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้แต่ละข้อแล้วพิจารณา เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวจากข้อ ก ข ค หรือ ง แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในช่องกระดาษคำตอบ

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1. เด็กชายบีใส่สารละลาย HCl CH_3COOH NaCl และ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ที่มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 ปริมาตร 4 cm^3 ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดละชนิด แล้วทำการทดสอบการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีแดงและสีน้ำเงิน อยากทราบว่าตัวแปรต้นของการทดลองนี้คืออะไร
   ก. ชนิดของสารละลาย
   ข. ความเข้มข้น
   ค. การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
   ง. ปริมาตร
2. จากปัญหา “ขนาดของภาชนะมีผลต่อการคายความร้อนของน้ำที่บรรจุในภาชนะนั้นหรือไม่” ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคืออะไร ตามลำดับ
   ก. ปริมาณน้ำ ขนาดของแก้ว
   ข. ขนาดของแก้ว ชนิดของภาชนะ
   ค. ขนาดของภาชนะ ปริมาณน้ำ
   ง. ขนาดของภาชนะ การคายความร้อนของน้ำ
3. จากปัญหา “แสงมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดหรือไม่” ตัวแปรที่ต้องควบคุมคือข้อใด
   ก. ปริมาณน้ำ ขนาดของแก้ว
   ข. ขนาดของแก้ว ชนิดของภาชนะ
   ค. ขนาดของภาชนะ ปริมาณน้ำ
   ง. ขนาดของภาชนะ การคายความร้อนของน้ำ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4. นักเรียนคนหนึ่งใส่เกลือลงในหลอดทดลองขนาดกลาง จำนวน 2 หลอด หลอดละ 2 กรัม จากนั้นเติมเอทานอลลงในหลอดที่ 1 และน้ำลงในหลอดที่ 2 หลอดละ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมเขย่าหลอดทดลองเป็นเวลา 30 วินาที แล้วสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง พบว่า การละลายของเกลือในหลอดทั้ง 2 แตกต่างกัน จากการทดลองนี้ ข้อใด กำหนดตัวแปรต้น และตัวแปรตาม ได้ถูกต้อง

ข้อ	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม
ก.	ชนิดของตัวทำละลาย	ความสามารถในการละลายของเกลือ
ข.	ชนิดของตัวละลาย	ความสามารถในการละลายของเกลือ
ค.	เวลาที่ใช้ในการละลายของเกลือ	ชนิดของตัวละลาย
ง.	เวลาที่ใช้ในการละลายของเกลือ	ชนิดของตัวทำละลาย

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

5. สมมติฐานข้อใดเหมาะสมที่สุด
   ก. ถ้าต้นถั่วเขียวมีใบสีเขียว ดังนั้นจึงจัดว่าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่
   ข. ถ้าต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิงดักแมลงกินเป็นอาหาร ดังนั้นจึงจัดเป็นผู้บริโภค
   ค. ถ้าต้นผักกระเฉดเป็นพืชน้ำ ดังนั้นลำต้นจึงมีนวมสีขาวเพื่อช่วยให้ลำต้นลอยน้ำ
   ง. ถ้าแสงมีผลต่อการหุบหรือการบานของดอกไม้ชนิดหนึ่ง ดังนั้น ดอกไม้ชนิดนี้จะบานเมื่อได้รับแสง

6. นายโจ บันทึกอุณหภูมิน้ำเดือด โดยใช้น้ำกลั่นนำไปต้ม ณ แหล่งท่องเที่ยว 3 แหล่งดังนี้

สถานที่	อุณหภูมิน้ำเดือด (°C)
ชายหาดชะอำ	100
ภูกระดึง	95
ยอดดอยอินทนนท์	90

ถ้าอยากทราบว่าจุดเดือดของของเหลวชนิดอื่น ๆ นอกจากน้ำ จะอยู่ภายใต้หลักการเดียวกันหรือไม่ ควรจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

   ก. จุดเดือดของของเหลวทุกชนิดจะลดลงเมื่อต้มในที่สูงขึ้น
   ข. จุดเดือดของของเหลวชนิดเดียวกันจะลดลงจากเดิมแห่งละเท่า ๆ กัน
   ค. จุดเดือดของของเหลวทุกชนิด จะลดลงจากเดิมแหล่งละ 5 องศาเซลเซียส
   ง. จุดเดือดของของเหลวทุกชนิดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ถ้าต้มในที่ที่ต่างกัน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

7. ถ้านักเรียนเลี้ยงหมูที่มีอายุขนาดใกล้เคียงกัน 2 ตัว โดยให้อาหารต่างกัน 2 ชนิด ตัวหนึ่งให้กินรำข้าว และอีกตัวหนึ่งให้กินหยวกกล้วย เป็นเวลา 45 วัน แล้วดูการเจริญเติบโตของหมูทั้ง 2 ตัว จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร
   ก. หมูชอบกินรำข้าวมากกว่าหยวกกล้วย
   ข. รำข้าวและหยวกกล้วยทำให้หมูแข็งแรง
   ค. การเจริญเติบโตของหมูขึ้นอยู่กับพันธุ์ของหมู
   ง. หมูที่เลี้ยงด้วยรำข้าวจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าหมูที่เลี้ยงด้วยหยวกกล้วย
8. ในการทดลองเพื่อหาสมบัติบางประการของพลาสติก ผู้ทดลองนำท่อน้ำ (PVC) พวงกุญแจ (ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์) ถุงพลาสติก (พอลีเอทิลีน) มาเผา แล้วใช้กระดาษลิตมัสชุบน้ำขึ้นมาอังควัน ผลการทดลองได้ดังตาราง

ตัวอย่างพลาสติก	การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
ท่อน้ำ (พีวีซี)	น้ำเงินเป็นแดง
พวงกุญแจ (ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์)	แดงเป็นน้ำเงิน
ถุงพลาสติก (พอลีเอทิลีน)	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

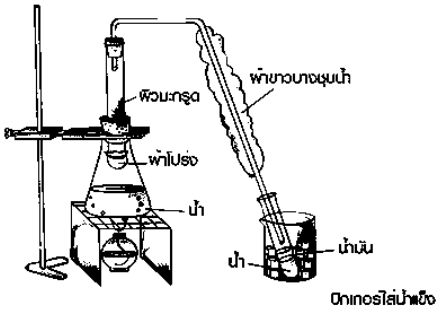
สมมติฐาน ข้อใดถูกต้องมากที่สุด
   ก. พลาสติกชนิดที่ทำท่อน้ำ ให้ผลต่างจากพลาสติกที่ทำจากถุงพลาสติก
   ข. พลาสติกต่างชนิดกัน ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสต่างกัน
   ค. ควันที่เกิดจากการเผาพลาสติกต่างชนิดกันจะมีฤทธิ์ความเป็นกรดเบสต่างกัน
   ง. ท่อน้ำมีสมบัติเป็นกรด เพราะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

9. ข้อใด กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ของการเจริญเติบโตของพืชได้เหมาะสมที่สุด
   ก. การเพิ่มขนาดของดอก
   ข. การเพิ่มจำนวนใบของพืช
   ค. การเพิ่มปริมาณของคลอโรฟิลล์
   ง. การเพิ่มปริมาณของแป้งที่มีอยู่ในใบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

10. จากภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหย คำว่า “น้ำมันหอมระเหย” ข้อใดกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ถูกต้องที่สุด



ก. น้ำมันที่มีกลิ่นหอมกลั่นได้จากดอกไม้

ข. สารที่เป็นน้ำมัน มีกลิ่นหอม ได้จากพืช

ค. น้ำมันที่มีกลิ่นหอม สามารถสกัดได้จากพืช

ง. สารที่เป็นน้ำมัน ซึ่งอยู่ในพืช มีกลิ่นหอมและสกัดได้ด้วยความร้อน

11. นักเรียนต้มน้ำในบีกเกอร์จนเดือด ข้อใด คือความหมายของ จุดเดือด ของน้ำ

ก. อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์มอมิเตอร์ขณะที่น้ำกำลังเดือด

ข. อุณหภูมิที่อ่านค่าได้สูงสุดจากเทอร์มอมิเตอร์

ค. อุณหภูมิสูงสุดที่น้ำกลายเป็นไอ

ง. อุณหภูมิที่มีไอน้ำลอยขึ้นมา

12. “ที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของเอนไซม์จะต่างกันจากสมมติฐานนี้ ต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการคำใด

ก. เอนไซม์

ข. อุณหภูมิสูง

ค. ประสิทธิภาพ

ง. ประสิทธิภาพการย่อยอาหารของเอนไซม์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ทักษะการทดลอง

13. การศึกษาว่า “การเลี้ยงไก่ด้วยอาหารที่ผสมถั่วเขียวจะให้น้ำหนักดีกว่าการเลี้ยงไก่ด้วยอาหารที่ผสมข้าวโพดหรือไม่” โดยมีการวางแผนทดลองดังนี้

ขั้นที่ 1 นำลูกไก่ที่เกิดขึ้นในเวลาไล่เลี่ยกันมาจำนวนหนึ่ง ชั่งน้ำหนักแต่ละตัว แล้วแบ่งเป็น2 กลุ่มเท่ากัน

ขั้นที่ 2 ให้อาหารชนิดเดียวกันที่มีปริมาณเท่ากันโดยอาหารผสมถั่วเขียวแก่กลุ่มหนึ่ง และอาหารที่ผสมข้าวโพดอีกกลุ่มหนึ่ง

ขั้นที่ 3 เพิ่มการให้อาหารทั้งสองกลุ่มแล้วชั่งทุก ๆ วัน

ขั้นที่ 4 เมื่อครบ 4 สัปดาห์ นำไก่มาชั่งแล้วเปรียบเทียบน้ำหนัก

การทดลองขั้นใดอาจไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

ก. ขั้นที่ 1

ข. ขั้นที่ 2

ค. ขั้นที่ 3

ง. ขั้นที่ 4

14. สมบูรณ์ คิดว่าถ้าเพิ่มความดันอากาศในลูกบาสเกตบอลให้มากขึ้น มันจะกระเด้งสูงขึ้นเพื่อที่จะทดสอบสมมติฐานนี้ สมศักดิ์ได้นำลูกบาสเกตบอลมาหลายลูกและสูบอากาศเข้าไปในลูกบาสเกตบอล สมศักดิ์จะทำการทดสอบสมมติฐานของเขาอย่างไร

ก. โยนลูกบาสเกตบอลด้วยแรงที่แตกต่างกันจากระดับเดียวกัน

ข. โยนลูกบาสเกตบอลซึ่งบรรจุอากาศที่มีความดันแตกต่างกัน จากระดับเดียวกัน

ค. โยนลูกบาสเกตบอลซึ่งบรรจุอากาศที่มีความดันเท่ากันโดยทำมุมต่าง ๆ จากพื้นห้อง

ง. โยนลูกบาสเกตบอลซึ่งบรรจุอากาศที่มีความดันเท่ากันจากระดับความสูงที่แตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

15. ถ้าต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า ภาชนะต่างชนิดกันทำให้ของเหลวระเหยได้มากน้อยแตกต่างกันหรือไม่ จะต้องทำการทดลองอย่างไร

ก. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันลงในภาชนะชนิดเดียวกัน ตั้งที่เดียวกัน เป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

ข. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันลงในภาชนะต่างชนิดกัน ตั้งที่เดียวกัน เป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

ค. ใส่ของเหลวชนิดต่างชนิดกัน ปริมาณเท่ากัน ลงในภาชนะขนาดต่างกัน ตั้งไว้ที่เดียวกัน เป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

ง. ใส่ของเหลวต่างชนิด ปริมาณเท่ากัน ลงในภาชนะขนาดเท่ากัน ตั้งที่เดียวกันเป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

16. จงออกแบบการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า “พื้นที่ผิวของเกลือมีผลต่อการละลาย”

ก. ใส่เกลือเม็ดที่มีขนาดต่างกัน ปริมาณเท่ากัน ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากัน

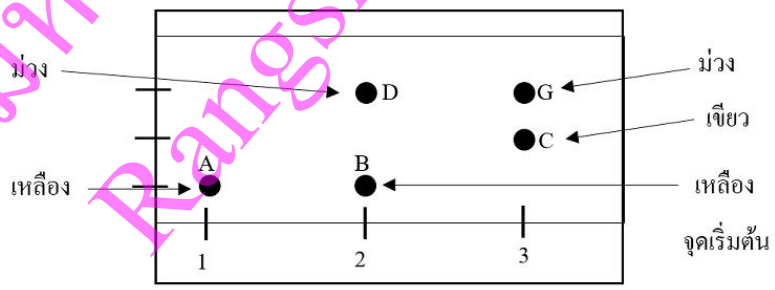
ข. ใส่เกลือเม็ดที่มีขนาดต่างกัน ปริมาณเท่ากัน ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ปริมาณไม่เท่ากัน

ค. ใส่เกลือเม็ดที่มีขนาดเท่ากัน ปริมาณไม่เท่ากัน ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ปริมาณเท่ากัน

ง. ใส่เกลือเม็ดที่มีขนาดเท่ากัน ปริมาณเท่ากัน ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ปริมาณไม่เท่ากัน

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

17. นำสารชนิดที่ 1, 2 และ 3 มาแยกด้วยกระดาษโครมาโทกราฟี ผลการทดลองเป็นดังภาพ



จากภาพ ข้อสรุปในข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องที่สุด

ก. สารชนิดที่ 1 ถูกดูดซับได้ดีกว่าสารที่ 2 และ 3

ข. สารชนิดที่ 2 และ 3 มีความสามารถในการละลายน้อยกว่าสารชนิดที่ 1

ค. สาร C ละลายได้น้อยกว่าสาร B และ ถูกดูดซับได้มากกว่าสาร B

ง. สารชนิดที่ 1 และ 2 เป็นสารเดียวกันเพราะมีองค์ประกอบเหมือนกัน คือสาร A และ สาร B

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

18. จงพิจารณาข้อมูลในตารางต่อไปนี้

ของเหลว	สังเกตด้วยตาเปล่า	ต้มระเหยในจานหลุมโลหะ
A	เป็นสารเนื้อเดียว	มีคราบติดที่จานหลุมโลหะ
B	เป็นสารเนื้อเดียว	ไม่มีสารใดเหลืออยู่

ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. A เป็นของผสม B เป็นสารบริสุทธิ์

ข. A เป็นสารละลาย B เป็นสารบริสุทธิ์

ค. A เป็นสารละลาย B อาจเป็นสารละลายและสารบริสุทธิ์

ง. A เป็นสารแขวนลอย B เป็นสารละลายหรือสารบริสุทธิ์

19. พิจารณาตารางข้างล่างนี้

รายการ	มวล (g)	ปริมาตร (cm^3)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
หินก้อนที่ 1	18.0	5.0	3.6
หินก้อนที่ 2	18.0	6.2	2.9
หินก้อนที่ 3	30.5	7.5	4.1

ข้อมูลจากตารางข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. วัตถุที่มีมวลน้อยลงปริมาตรจะคงที่

ข. วัตถุที่มีมวลมากจะมีปริมาตรจะลดลงด้วย

ค. วัตถุที่มีมวลเท่ากันจะมีความหนาแน่นเท่ากันด้วยเสมอ

ง. วัตถุที่มีมวลเท่ากัน แต่ปริมาตรต่างกันจะมีความหนาแน่นต่างกันด้วย

20. สมชาย นำวัตถุชนิดเดียวกันหลายก้อนมาทดลองหามวลและปริมาตรได้ผลดังนี้

จากกราฟสรุปได้ว่าอย่างไร

ก. วัตถุมีทั้งมวลและปริมาตร

ข. วัตถุที่มีมวลมากขนาดจะใหญ่

ค. วัตถุที่มีมวลมากจะมีปริมาตรมาก

ง. วัตถุที่มีปริมาตรมากจะมีมวลน้อย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เฉลย

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ก	6	ก	11	ก	16	ก
2	ง	7	ง	12	ง	17	ก
3	ข	8	ค	13	ค	18	ค
4	ก	9	ข	14	ข	19	ง
5	ง	10	ง	15	ข	20	ค

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กรด – เบส **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558**

เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด **เวลา 2 คาบ**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด ว 3.2 ม 4-6/1 ทดลอง อธิบาย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวันรวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2. ผลการเรียนรู้

2.1 นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเติมกรดหรือเบสลงในสารละลายบัฟเฟอร์ เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการควบคุม pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ ความเข้าใจ

3.1 นักเรียนบอกส่วนประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ได้

3.2 นักเรียนอธิบายสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ได้

3.3 นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงกับระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายและในธรรมชาติได้

ด้านทักษะกระบวนการ

3.4 นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษา pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปได้ พร้อมทั้งมีการกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทำการทดลอง แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปอย่างถูกต้อง

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.5 นักเรียนเป็นผู้มีเหตุผล

3.6 นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น

3.7 นักเรียนมีความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง

3.8 นักเรียนมีความเพียรพยายาม

4. สาระสำคัญ

สารละลายบัฟเฟอร์ หมายถึงสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือคู่เบสของกรดอ่อน หรือหมายถึงสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน หรือคู่กรดของเบสอ่อนนั้น สมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ คือ รักษาสภาพ pH ของสารละลายเอาไว้โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเติมกรดแก่หรือเบสแก่จำนวนเล็กน้อยลงไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5. สาระการเรียนรู้

ด้านความรู้ ความเข้าใจ

การเติมกรดหรือเบสเพียงเล็กน้อยลงไปในน้ำกลั่น ทำให้ pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก สังเกตได้จากสีของอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนไป ในขณะที่การเติมกรดหรือเบสในจำนวนที่เท่ากันลงในสารละลายผสมระหว่างกรดแอซีติกและโซเดียมแอซีเตตนั้นกลับมีการเปลี่ยนแปลงของ pH น้อย จึงกล่าวได้ว่า สารละลายผสมระหว่างกรดแอซีติกและโซเดียมแอซีเตตเป็นสารละลายที่มีสมบัติในการควบคุม pH เรียกว่า สารละลายบัฟเฟอร์

น้ำบริสุทธิ์ที่ 25 °C จะแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนในปริมาณที่ 1.0 x 10^{-7} mol/dm^3 เท่ากัน การเติมกรดหรือเบสในน้ำทำให้สมดุลถูกรบกวนตามหลักของลอชาเตอลิเอ และทำให้ pH ของน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไป

$$2\,H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ในขณะที่สารละลายบัฟเฟอร์มีโมเลกุลของกรดแอซีติกและโซเดียมแอซีเตตผสมอยู่ ซึ่งกรดแอซีติกเป็นกรดอ่อนที่แตกตัวให้ CH_3COO^- และ H_3O^+ จำนวนหนึ่ง แต่โมเลกุลส่วนใหญ่ยังเป็น CH_3COOH โซเดียมแอซีเตตนั้นสามารถแตกตัวได้ทั้งหมด จึงมี Na^+ และมี CH_3COO^- อยู่เป็นจำนวนมาก

$$CH_3COONa_{(s)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

เมื่อนำสารละลายกรดแอซีติกและโซเดียมแอซีเตตมาผสมกัน ในสารละลายจึงมีโมเลกุลของกรดแอซีติกกับแอซีเตตไอออนอยู่ในภาวะสมดุล ดังสมการ (ไม่ต้องนำ Na^+ มาคิดรวม เนื่องจากไม่เกิดไฮโดรไลซิส จึงไม่มีผลต่อ pH)

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

ดังนั้น เมื่อเติมกรด เช่น HCl ลงไป ตามหลักของเลอชาเตอลิเอ ระบบจะกำจัด H^+ ที่เพิ่มขึ้นมาโดยที่ CH_3COO^- จะรวมตัวกับ H^+ และเกิดเป็น CH_3COOH ทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ มีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทำให้ค่า pH คงที่หรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นถึงแม้จะมีการเติมกรดลงไป เช่นเดียวกับเมื่อเติมเบส เช่น การเติม NaOH ลงไป CH_3COOH จะทำหน้าที่รับ OH^- จาก NaOH และได้ CH_3COO^- และน้ำ ดังนั้นความเข้มข้นโดยรวมของ H_3O^+ มีค่าเท่าเดิมหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทำให้ pH ของระบบบัฟเฟอร์มีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเพียง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ CH_3COOH และ CH_3COO^- ในระบบ ดังนั้น ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้คือ

$$\frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

ซึ่งก็คือค่า K_a ของกรดแอซีติก

$$[H_3O^+]=K_a \cdot \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

เนื่องจาก K_a มีค่าคงที่ ดังนั้นความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายนี้จะเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของ CH_3COOH กับ CH_3COO^-

ด้านทักษะกระบวนการ

1. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร
4. ทักษะการทดลอง
5. ทักษะการแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป

ด้านคุณลักษณะ เจตคติ ค่านิยม

1. นักเรียนเป็นผู้มีเหตุผล
2. นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น
3. นักเรียนมีความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง
4. นักเรียนมีความเพียรพยายาม

6. การจัดกระบวนการเรียนรู้

ขั้นเตรียมการ

1. กำหนดจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่ใช้ในการปฏิบัติการ
2. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ
3. ทดลองทำปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ขั้นดำเนินการสอน

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ

1. ครูแจกรายงานการทดลองที่ตรวจแล้ว จากนั้นชี้ให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องในรายงาน และกล่าวถึงข้อควรแก้ไขในการทดลองครั้งก่อน พร้อมทั้งให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ต้องแก้ไขเอาไว้

2. นักเรียนชมคลิปวิดีโอสั้น ๆ เกี่ยวกับ ระบบบัฟเฟอร์ จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารละลายผสมระหว่าง CH_3COOH กับ CH_3COONa เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่จะพบในระหว่างทำการทดลองง่ายขึ้น

3. นักเรียนศึกษาบทปฏิบัติการทดลองที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด หลังจากนั้นตอบคำถามก่อนการทดลองดังนี้

- ให้นักเรียนบอกตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นในการทดลอง
- ให้นักเรียนตัวแปรตามในการทดลอง
- ให้นักเรียนตัวแปรควบคุมในการทดลอง
- ให้นักเรียนตั้งสมมุติฐานของการทดลอง
- ให้นักเรียนบอกคำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสังเกตหรือวัดในการทดลอง

โดยระหว่างที่นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลอง ครูช่วยยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

4. ครูถามย้ำกับนักเรียนเพื่อประเมินว่า นักเรียนรับทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และบทบาทของตนเอง

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา

1. นักเรียนดำเนินการปฏิบัติการทดลองโดยมีครูคอยดูแล แนะนำ และให้ช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

2. นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลการทำปฏิบัติการของตนเอง

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและหาข้อสรุปโดยมีครูคอยกำกับ เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

- การเติมกรดหรือเบสลงในน้ำ ทำให้ pH ของน้ำกลั่นเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทราบได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ แต่การเติมกรดหรือเบสเพียง 1 หยดในสารละลายผสมของกรดแอซีติกกับโซเดียมแอซีเตต และในน้ำมะพร้าวสด พบว่าสารละลายยังมีสีเหมือนเดิม แสดงว่า pH ของ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารละลายอาจเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่าไม่เปลี่ยนแปลง (แต่ถ้าเมื่อเติมกรดหรือเบสเป็นจำนวนมาก จะทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้)

- สารละลายผสมของ CH_3COOH กับ CH_3COONa และน้ำมะพร้าวสด สามารถควบคุม pH ไว้ได้เมื่อหยด CH_3COOH หรือเบสลงไปเล็กน้อย สารละลายที่มีสมบัติเช่นนี้เรียกว่า สารละลายบัฟเฟอร์ จากการทดลอง เมื่อใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ พบว่าสารละลายผสมยังไงเป็นสีชมพูเหมือนเดิม ทั้ง ๆ ที่เติม NaOH และ HCl ลงไป แสดงว่า pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของกรดหรือเบสที่เติมลงไป เพราะถ้าใส่ NaOH ลงไปแล้ว pH สูงขึ้น อินดิเคเตอร์ควรจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน หรือม่วง ตามปริมาณของเบสที่เติม ส่วนการเติม HCl ลงไปก็ไม่ทำให้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีเช่นกัน

- น้ำมะพร้าวสดสามารถควบคุมค่า pH ได้เช่นเดียวกับสารละลายผสมระหว่าง CH_3COOH กับ CH_3COONa แสดงว่าน้ำมะพร้าวมีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้

1. ครูยกตัวอย่างการเกิดเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ของน้ำ และสุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มมาเติมช่องว่างในตาราง
2. ตัวแทนแต่ละกลุ่มจับฉลากเลือกคำถาม แล้วช่วยกันตอบภายในเวลาที่กำหนด
3. นักเรียนเขียนรายงานการปฏิบัติการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง โดยครูเน้นย้ำกับนักเรียนว่า การเขียนรายงานการทดลองจะต้องเขียนเพื่อให้ผู้อื่นสามารถปฏิบัติการทดลองตามวิธีการในรายงานแล้วได้ผลการทดลองที่ตรงกับรายงานระบุไว้

ขั้นที่ 5 ประเมินผล

1. ครูถามนักเรียนเพื่อประเมินว่านักเรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนในคาบ ครูแนะนำวิธีการหาคำตอบให้นักเรียน
2. นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ถ้าไม่เสร็จให้ทำต่อเป็นการบ้านส่งวันถัดไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

7. สื่อการเรียนการสอน

- เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง กรด – เบส
- วิดีทัศน์ เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์
- บทปฏิบัติการทดลองที่ 7 เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด
- อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน
- สารละลาย HCl เข้มข้น 0.1 mol/dm^3 จำนวน 25 cm^3 ต่อกลุ่ม
- สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 mol/dm^3 จำนวน 25 cm^3 ต่อกลุ่ม
- สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.3 mol/dm^3 จำนวน 4 cm^3 ต่อกลุ่ม
- สารละลาย CH_3COONa เข้มข้น 0.3 mol/dm^3 จำนวน 4 cm^3 ต่อกลุ่ม
- น้ำมะพร้าวสด จำนวน 4 cm^3 ต่อกลุ่ม
- ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ จำนวน 1 cm^3 ต่อกลุ่ม
- น้ำกลั่น จำนวน 20 cm^3 ต่อกลุ่ม
- หลอดทดลองขนาดกลาง จำนวน 3 หลอดต่อกลุ่ม
- ที่ตั้งหลอดทดลอง จำนวน 1 อันต่อกลุ่ม

*หมายเหตุ: ถ้าไม่มีน้ำมะพร้าวสด อาจใช้น้ำผักหรือผลไม้อื่นที่มีตามฤดูกาลได้

8. การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

ตารางแสดงแนวการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ผ่าน
ด้านความรู้ ความเข้าใจ	- ตรวจคำถามท้ายการทดลอง	- บทปฏิบัติการทดลอง	คะแนนเฉลี่ย 70% ขึ้นไป
ด้านทักษะกระบวนการ	- ตรวจรายงานการทดลอง	- แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คะแนนเฉลี่ย 3 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกต	- แบบสังเกตพฤติกรรม	คะแนนเฉลี่ย 3 ขึ้นไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 / ..... ภาคเรียนที่ ..... ปีการศึกษา .....

เลขที่	รายการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน					รวม
	การกำหนดและควบคุมตัวแปร	การตั้งสมมุติฐาน	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	การทดลอง	การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	

<u>เกณฑ์การผ่านการประเมิน</u>

4.0 – 5.0 คะแนน ถือว่า “อยู่ในระดับดีมาก”

3.0 – 3.9 คะแนน ถือว่า “อยู่ในระดับดี”

2.0 – 2.9 คะแนน ถือว่า “อยู่ในระดับปานกลาง”

1.0 – 1.9 คะแนน ถือว่า “ควรปรับปรุง”

0.0 – 0.9 คะแนน ถือว่า “ไม่ผ่าน”

<u>ลงชื่อผู้ประเมิน</u>

.....

(นายปองดี ไชยจันดา)

ผู้สอน

(..... / ..... / .....)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คำอธิบายระดับคุณภาพ	คะแนน
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	<u>แนวคำตอบ</u> ตัวแปรต้น ได้แก่ สารละลาย CH_3COOH CH_3COONa NaOH HCl Universal Indicator น้ำมะพร้าว ตัวแปรตาม ได้แก่ การเปลี่ยนสีของสารละลาย ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลาย จำนวนหยดอินดิเคเตอร์ ปริมาตรน้ำกลั่น	
	กำหนดตัวแปรครบทั้ง 3 ชนิด และระบุตัวแปรแต่ละชนิดได้ถูกต้องครบถ้วน	5
	กำหนดตัวแปรไม่ครบ 3 ชนิด แต่ระบุตัวแปรทุกชนิดได้ถูกต้องและครบถ้วน	4
	กำหนดตัวแปรครบทั้ง 3 ชนิด แต่ระบุตัวแปรแต่ละชนิดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	3
	กำหนดตัวแปรไม่ครบ 3 ชนิด และระบุตัวแปรแต่ละชนิดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	2
	กำหนดตัวแปรไม่ครบ 3 ชนิด และระบุตัวแปรแต่ละชนิดไม่ถูกต้อง	1
การตั้งสมมติฐาน	<u>แนวคำตอบ</u> 1. การเติมกรดหรือเบสเพียง 1 หยด ลงในสารละลายที่ไม่ใช่สารละลายบัฟเฟอร์เช่น น้ำกลั่น จะทำให้ pH ของน้ำกลั่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน 2. สารละลายผสมของกรดแอซีติกกับโซเดียมแอซีเตตสามารถควบคุม pH ไว้ได้เมื่อหยดกรดแอซีติกหรือเบสลงไปเล็กน้อย 3. น้ำมะพร้าวสดสามารถควบคุมค่า pH ได้เช่นเดียวกับสารละลายผสมระหว่างกรดแอซีติกกับโซเดียมแอซีเตต แสดงว่าน้ำมะพร้าวมีสมบัติเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ 4. การเติมกรดหรือเบสเป็นจำนวนมาก ๆ ในสารละลายบัฟเฟอร์จะทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้	
	ตั้งสมมติฐานได้ครอบคลุมทั้ง 4 แนวคำตอบ	5
	ตั้งสมมติฐานได้ครอบคลุม 3 แนวคำตอบ	4
	ตั้งสมมติฐานได้ครอบคลุม 2 แนวคำตอบ	3
	ตั้งสมมติฐานได้ครอบคลุมเพียง 1 แนวคำตอบ	2
	ตั้งสมมติฐานไม่ถูกต้องเลย	1

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คำอธิบายระดับคุณภาพ	คะแนน
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	<u>แนวคำตอบ</u> 1. สารละลายที่มีสมบัติในการควบคุม pH เรียกว่าสารละลายบัฟเฟอร์ 2. การเติมกรดหรือเบสเพียง 1 หยดในสารละลายที่เติมอินดิเคเตอร์ แล้วพบว่าสารละลายยังมีสีเหมือนเดิม แสดงว่า pH ของสารละลายอาจเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่าไม่เปลี่ยนแปลง 3. ถ้าเมื่อเติมกรดหรือเบสเป็นจำนวนมาก จะทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้ 4. การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์	
	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรได้ครอบคลุมทั้ง 4 แนวคำตอบ	5
	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรได้ครอบคลุม 3 แนวคำตอบ	4
	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรได้ครอบคลุม 2 แนวคำตอบ	3
	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรได้ครอบคลุมเพียง 1 แนวคำตอบ	2
	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไม่ถูกต้องเลย	1
การทดลอง	<u>แนวทางการพิจารณา</u> 1. เรียงลำดับขั้นตอนการทำงาน แสดงแผนภาพวิธีการทดลองได้ชัดเจน 2. ระบุวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองครบทุกชนิด ระบุขนาดของอุปกรณ์ ความเข้มข้นของสาร ปริมาณสารที่ใช้อย่างถูกต้อง 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและแม่นยำ ออกแบบการบันทึกผลการทดลองได้เหมาะสม	
	อธิบายการทดลองได้ถูกต้องและชัดเจนทั้ง 3 ประเด็น	5
	อธิบายการทดลองได้ถูกต้องและชัดเจนเพียง 2 ประเด็น	4
	อธิบายการทดลองได้ถูกต้องและชัดเจนเพียง 1 ประเด็น	3
	อธิบายการทดลองแต่ละประเด็นได้ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือชัดเจนเพียงบางส่วน	2
	อธิบายการทดลองแต่ละประเด็น ไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน	1

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คำอธิบายระดับคุณภาพ	คะแนน
การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	<u>แนวทางการพิจารณา</u> 1. แปลความหมายของผลการทดลองโดยใช้การคำนวณ บรรยายการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตจากการทดลอง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ได้ถูกต้องและชัดเจน 2. สรุปผลการทดลองในเชิงคุณภาพตามหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้ถูกต้องและชัดเจน	
	อธิบายครบทั้ง 2 ประเด็น และอธิบายได้ถูกต้องและชัดเจนทุกประเด็น	5
	อธิบายเพียง 1 ประเด็น แต่อธิบายประเด็นนั้นได้ถูกต้องและชัดเจน	4
	อธิบายครบทั้ง 2 ประเด็น แต่อธิบายถูกต้องและชัดเจนเพียงบางส่วน	3
	อธิบายเพียง 1 ประเด็น และอธิบายถูกต้องและชัดเจนเพียงบางส่วน	2
	อธิบายออกนอกประเด็น แปลความหมายและลงข้อสรุปการทดลองไม่ได้	1

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 / ..... ภาคเรียนที่ ..... ปีการศึกษา .....

เลขที่	รายการประเมิน				
	ความมีเหตุผล	ความอยากรู้อยากเห็น	ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง	ความเพียรพยายาม	เฉลี่ย

<u>เกณฑ์การผ่านการประเมิน</u>

4.0 – 5.0 คะแนน ถือว่า “อยู่ในระดับดีมาก”

3.0 – 3.9 คะแนน ถือว่า “อยู่ในระดับดี”

2.0 – 2.9 คะแนน ถือว่า “อยู่ในระดับปานกลาง”

1.0 – 1.9 คะแนน ถือว่า “ควรปรับปรุง”

0.0 – 0.9 คะแนน ถือว่า “ไม่ผ่าน”

<u>ลงชื่อผู้ประเมิน</u>

.....

(นายปองดี ไชยจันดา)

ผู้สอ.

(..... / ..... / .....)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ	คะแนน
ความมีเหตุผล	1. แสวงหาหลักฐาน/ข้อมูลก่อนจะสรุปเรื่องราวต่าง ๆ 2. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล 3. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ	
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	4
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 2 รายการ	3
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 1 รายการ	2
	- ไม่มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	1
ความอยากรู้อยากเห็น	1. ชอบการศึกษาค้นคว้า 2. ชอบสนทนาซักถาม ฟัง อ่านเพื่อให้ได้ความสมบูรณ์เพิ่มเติม 3. มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องราวต่าง ๆ	
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	4
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 2 รายการ	3
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 1 รายการ	2
	- ไม่มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	1
ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง	1. สังเกตและบันทึกผลต่าง ๆ โดยปราศจากอคติ 2. มีความหนักแน่น มั่นคง ต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์ 3. ไม่นำความชอบส่วนตัว มาตีความหมายผลงาน ทางวิทยาศาสตร์	
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	4
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 2 รายการ	3
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 1 รายการ	2
	- ไม่มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	1
ความเพียรพยายาม	1. ทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายอย่างสมบูรณ์ 2. ไม่ท้อถอยเมื่อการทดลองมีอุปสรรคหรือล้มเหลว 3. มีความตั้งใจ	
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	4
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 2 รายการ	3
	- มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น 1 รายการ	2
	- ไม่มีพฤติกรรมอยากรู้อยากเห็น ทั้ง 3 รายการ	1

มหาวิทยาลัยปทุม Pathumthani University

บทปฏิบัติการทดลองที่ 7

เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

สมาชิกในกลุ่ม

…..... ชั้น ม.5/..... เลขที่.....
…..... ชั้น ม.5/..... เลขที่.....
..... ชั้น ม.5/..... เลขที่.....
..... ชั้น ม.5/..... เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนแล้วตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. กิจกรรม

1.1 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ร่วมกันวางแผนและทำการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด โดยทำการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมติฐานของการทดลอง นิยามความหมายของตัวแปร วิธีการวัด และเกณฑ์ในการตีความหมาย ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน และวิเคราะห์ผลการทดลองพร้อมทั้งลงข้อสรุป

1.2 ให้ทุกกลุ่มนำเสนอผลการทดลองเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ที่ได้จากการทำการทดลอง

1.3 ขอความร่วมมือนักเรียนทุกคน เขียนอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนในครั้งต่อไป

2. จุดประสงค์การปฏิบัติการทดลอง

2.1 นักเรียนบอกส่วนประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ได้

2.2 นักเรียนอธิบายสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ได้

2.3 นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายและในธรรมชาติได้

2.4 นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษา pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปได้ พร้อมทั้งมีการกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทำการทดลอง แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปอย่างถูกต้อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3. หลักการ

สารละลายบัฟเฟอร์ หมายถึง สารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือคู่เบสของกรดอ่อน หรือหมายถึงสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน หรือคู่กรดของเบสอ่อนนั้น สมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ คือ รักษาสภาพ pH ของสารละลายเอาไว้โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเติมกรดแก่หรือเบสแก่จำนวนเล็กน้อยลงไป

4. ขั้นตอนการทดลอง

4.1 ใช้หลอดทดลองขนาดกลาง 4 หลอด ใส่สาร ต่อไปนี้

4.2 หลอดที่ 1 และ 2 ใส่น้ำกลั่น หลอดละ 4 cm^3

4.3 หลอดที่ 3 และ 4 ใส่สารละลายผสมของ CH_3COOH 0.3 mol/dm^3 ปริมาตร 2 cm^3 และ CH_3COONa 0.3 mol/dm^3 ปริมาตร 2 cm^3 ลงไปทั้งสองหลอด

4.1 หยดสารละลายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ลงไปทุกหลอด หลอดละ 2 – 3 หยด สังเกตสีของสารละลายในแต่ละหลอด

4.2 หยดสารละลาย NaOH 0.1 mol/dm^3 จำนวน 1 หยด ลงในหลอดที่ 1 และ HCl 0.1 mol/dm^3 ลงในหลอดที่ 2 ตามลำดับ สังเกตการณ์เปลี่ยนสีของสารละลาย และบันทึกผล

4.3 ทำซ้ำเหมือนข้อ 4.3 สำหรับหลอดที่ 3 – 4

4.4 จากนั้นนำน้ำมะพร้าวสด 8 cm^3 เติมยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ 2 หยด แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งหยดสารละลาย NaOH 0.1 mol/dm^3 จำนวน 1 หยด และอีกส่วนหนึ่งหยดสารละลาย HCl 0.1 mol/dm^3 จำนวน 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายและบันทึกผล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบบันทึกการทำกิจกรรม

1. การกำหนดและควบคุมตัวแปร

1.1 ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

1.2 ตัวแปรตามในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

1.3 ตัวแปรควบคุมในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

2. การตั้งสมมุติฐาน

2.1 สมมุติฐานของการทดลองนี้ คือ

.....

.....

.....

.....

3. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร

3.1 คำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสังเกตหรือวัดในการทดลองนี้ คือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4. การทดลอง

4.1 จงวาดแผนภาพแสดงวิธีการทดลอง พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องการสังเกตหรือวัด

4.2 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.3 ผลการทดลอง

สาร	สีของสารละลายเมื่อหยดยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์	สีของสารละลายเมื่อหยด			
		NaOH		HCl	
		จำนวน 1 หยด	จำนวน > 1 หยด	จำนวน 1 หยด	จำนวน > 1 หยด

5. การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.2 สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คำถามท้ายการทดลอง

1.1 เมื่อเติมสารละลาย NaOH หรือ HCl ลงในสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ทราบได้อย่างไร

.....

.....

1.2 สารละลายผสมของ CH_3COOH กับ CH_3COONa มีสมบัติอย่างไร

.....

.....

1.3 น้ำมะพร้าวสดสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลง pH ได้ดีเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่นและสารละลายผสมของ CH_3COOH กับ CH_3COONa

.....

.....

.....

1.4 เพราะเหตุใดเมื่อเติมกรดหรือเบสลงในสารละลายบัฟเฟอร์ เช่น สารละลายผสมระหว่าง CH_3COOH กับ CH_3COONa จึงมีการเปลี่ยนแปลงของ pH ที่น้อยมากเมื่อเทียบกับการเติมกรดหรือเบสในปริมาณที่เท่ากันในน้ำกลั่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

การทดลองที่ ..... เรื่อง .....

<u>คำชี้แจง</u>

1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิดไม่มีผลต่อคะแนนใด ๆ ของนักเรียนทั้งสิ้น
2. ขอความร่วมมือนักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด ตามความคิดหรือความรู้สึกจริงของตัวนักเรียน
3. คำตอบของนักเรียนจะถูกนำไปใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

☺ ความรู้สึกที่มีต่อการเรียนการสอนในวันนี้

.....

.....

.....

.....

.....

☺ สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้

.....

.....

.....

.....

.....

☺ ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนการสอนครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บันทึกหลังสอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

คำชี้แจง สำหรับบันทึกสภาพการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นจริงและบรรยากาศการจัดการเรียนรู้

กระบวนการ	กิจกรรม	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางแก้ไขปัญหา
ขั้นสร้างความสนใจ			
ขั้นสำรวจและค้นหา			
ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป			
ขั้นขยายความรู้			
ขั้นประเมินผล			

ผู้บันทึก

.....

(นายปองดี ไชยจันดา)

(..... / ..... / .....)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

ผลการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผลการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ส่วน ตามลำดับดังต่อไปนี้

1) ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานตรวจ

ตารางผนวกที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานตรวจ

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
2	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
3	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
5	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
9	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
12	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
14	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
17	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
19	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
20	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางผนวกที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานตรวจ (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
21	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
22	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
23	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
24	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
25	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
26	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
28	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
30	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
31	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
32	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
35	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
38	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
40	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2) ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

เกณฑ์การประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร					
การทดลองที่ 1	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 2	+1	0	+1	0.67	
การทดลองที่ 3	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 4	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
การทดลองที่ 5	+1	0	+1	0.67	
การทดลองที่ 6	0	+1	+1	0.67	
การทดลองที่ 7	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 8	+1	+1	+1	1	
ทักษะการตั้งสมมติฐาน					
การทดลองที่ 1	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 2	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 3	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 4	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
การทดลองที่ 5	0	+1	+1	0.67	
การทดลองที่ 6	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 7	+1	0	+1	0.67	
การทดลองที่ 8	+1	+1	+1	1	
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ					
การทดลองที่ 1	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 2	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 3	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 4	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
การทดลองที่ 5	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 6	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 7	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 8	+1	+1	+1	1	

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (ต่อ)

เกณฑ์การประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
ทักษะการทดลอง					
การทดลองที่ 1	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 2	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 3	+1	0	+1	0.67	
การทดลองที่ 4	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
การทดลองที่ 5	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 6	0	+1	+1	0.67	
การทดลองที่ 7	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 8	+1	+1	+1	1	
ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป					
การทดลองที่ 1	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 2	0	+1	+1	0.67	
การทดลองที่ 3	+1	0	+1	0.67	
การทดลองที่ 4	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
การทดลองที่ 5	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 6	+1	+1	+1	1	
การทดลองที่ 7	+1	+1	0	0.67	
การทดลองที่ 8	+1	+1	+1	1	

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ตารางผนวกที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	หมายเหตุ
1	1	0	คัดออก
2	0.56	0.75	คัดเลือกไว้
3	0.6	0.625	คัดเลือกไว้
4	0.44	0.25	คัดออก
5	0.6	0.375	คัดออก
6	0.6	0.5	คัดเลือกไว้
7	0.56	0.25	คัดออก
8	0.56	0.5	คัดเลือกไว้
9	0.52	0.25	คัดออก
10	0.52	0.625	คัดเลือกไว้
11	0.36	0.125	คัดออก
12	0.56	0.875	คัดเลือกไว้
13	0.56	0.75	คัดเลือกไว้
14	0.48	0.125	คัดออก
15	0.64	0	คัดออก
16	0.52	0.625	คัดเลือกไว้
17	0.56	0.5	คัดเลือกไว้
18	0.64	0.25	คัดออก
19	0.68	0.5	คัดเลือกไว้
20	0.44	0.75	คัดเลือกไว้
21	0.4	0.375	คัดออก
22	0.36	0.25	คัดออก
23	0.52	0.625	คัดเลือกไว้
24	0.52	0	คัดออก
25	0.52	0.625	คัดเลือกไว้
26	0.52	0.625	คัดเลือกไว้
27	0.52	0	คัดออก
28	0.68	0.625	คัดเลือกไว้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางผนวกที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	หมายเหตุ
29	0.36	0.375	คัดออก
30	0.48	0.375	คัดออก
31	0.52	0.625	คัดเลือกไว้
32	0.44	0.25	คัดออก
33	0.52	0.5	คัดเลือกไว้
34	0.56	0	คัดออก
35	0.6	0.875	คัดเลือกไว้
36	0.64	0.5	คัดเลือกไว้
37	0.32	0.125	คัดออก
38	0.44	0	คัดออก
39	0.56	0.625	คัดเลือกไว้
40	0.52	0.25	คัดออก

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	ปองดี ไชยจันดา
วัน เดือน ปีเกิด	13 กันยายน 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดศรีสะเกษ ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, 2552 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, 2557 มหาวิทยาลัยรังสิต ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, 2558
ที่อยู่ปัจจุบัน	88 หมู่ 1 ตำบลแต้ อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ ประเทศไทย

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University