การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF CHEMICAL EQUILIBRIUM BY USING 5E INQUIRY LEARNING CYCLE INCORPORATED WITH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TECHNIQUE IN THE ELABORATION STEP FOR GRADE 11 STUDENTS

HIKMAH AWAEKAJI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย นางสาวฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร	กรรมการ
ดร.สนธิ พลชัยยา	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2558

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย การเขียนรายงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดและคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างเรียบร้อย สมบูรณ์

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านไปด้วยดี ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนสตรียะลา อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความสะดวกในการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณ มารดา พี่น้องและเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้เสมอมา

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย : ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร

คำสำคัญ : การเรียนรู้แบบสืบเสาะ, ทำนาย-สังเกต-อธิบาย, มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจมโนมติ, สมดุลเคมี

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ โดยศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา จำนวน 53 คน เครื่องมือทดลองในครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 5 แผน รวม 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น จำนวน 30 ข้อ จากการวิเคราะห์มโนมติเป็นร้อยละของมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีมโนมติถูกต้องมากที่สุดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (22.60) มโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล (53.00) และมโนมติผิดมากที่สุดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (53.60) หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีมโนมติถูกต้องมากที่สุดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (58.00) มโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล (33.00) และมโนมติผิดมากที่สุดในเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี (35.00) จากการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติหลังเรียน (mean 36.30, SD 7.13) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยมโนมติก่อนเรียน (mean 22.23, SD 4.13) แต่ไม่แตกต่างกันกับคะแนนความคงทนของมโนมติ (mean 36.51, SD 9.20) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติและส่งเสริมให้เกิดความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF CHEMICAL EQUILIBRIUM BY USING 5E INQUIRY LEARNING CYCLE INCORPORATED WITH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TECHNIQUE IN THE ELABORATION STEP FOR GRADE 11 STUDENTS

AUTHOR : HIKMAH AWAEKAJI

DEGREE : MASTER OF DEGREE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. SAKSRI SUPASORN, Ph.D.

KEYWORD : INQUIRY LEARNING, PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN, SCIENTIFIC CONCEPTION,CONCEPTUAL UNDERSTANDING, CHEMICAL EQUILIBRIUM

The main purpose of this research was to study scientific conceptual understanding of chemical equilibrium by using 5E inquiry learning cycle incorporated with predict-observe-explain technique. Fifty-three Grade 11 students at Streeyala School were the target group. The treatment tool in this study were five lesson plans (totally 12 hours) of chemical equilibrium based on 5E inquiry learning cycle incorporated with predict-observe-explain technique. The data collecting tool was a conceptual test of chemical equilibrium, consisting of 30 two-tier multiple choice questions. Students' scientific conceptions were analyzed as percentages and categorized as good-, alternative-, and mis-conception. Before the implementation, the highest percentages of students in good-, alternative-, and mis-conception categories were in the topics of reversible changes (22.60), changes at equilibrium (53.00) and reversible changes (53.60), respectively. Right after the implementation, the highest percentages of students in good-, alternative-, and mis-conception categories were in the topics of reversible changes (58.00), changes at equilibrium (33.00) and effect of equilibrium in chemical reactions (35.00), respectively. The dependent samples t-test analysis indicated that the averaged post-conceptual test score (mean 36.30, SD 7.13) was statistically significantly higher than the average pre-conceptual test score (mean 22.23, SD 4.13), but not statistically significantly different from the retention conceptual test score (mean 36.51,

SD 9.20) at p-value of 0.05. This verified that the implementation of 5E inquiry learning cycle incorporated with predict-observe-explain technique was effective to develop students' conceptual understanding and to promote students' retention of conceptual understanding of chemical equilibrium.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้	9
2.2 เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย	15
2.3 การทดลองเคมีแบบย่อส่วน	17
2.4 มโนมติ (Concept)	20
2.5 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลเคมี	22
2.6 สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมี	23
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนของการวิจัย	35
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	36
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	36
3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	39
3.5 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	45
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี	48
4.2 มโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด เรื่องสมดุลเคมี	55
4.3 กรณีศึกษานักเรียนที่น่าสนใจ	73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	77
5.2 ข้อเสนอแนะ	79
เอกสารอ้างอิง	**81**
ภาคผนวก	
ก แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี	89
ข กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องปฏิกิริยาที่ผันกลับได้	105
ค รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบเครื่องมือ	129
ง การวิเคราะห์เครื่องมือ	131
จ ภาพตัวอย่างกิจกรรม เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	137
ประวัติผู้วิจัย	**141**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) มาตรฐาน ว 3.2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิชา เคมี)	2
1.2	ผลการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555-2556	3
2.1	พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	12
2.2	มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลเคมี	22
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้	37
3.2	การแจกแจงแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี	45
3.3	เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น	46
4.1	ผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนหลังเรียน และความคงทนเรื่อง สมดุลเคมี	48
4.2	คะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน และผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหาเรื่อง สมดุลเคมี	49
4.3	คะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนและความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลเคมี	52
4.4	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดเรื่องสมดุลเคมี	55
4.5	คะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและคงทนของนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดและต่ำสุด	73
ง. 1	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์	132
ง. 2	ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ	134
2.1	ขั้นตอนของเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)	16
2.2	อุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในการทดลองเคมีแบบย่อส่วน	19
3.1	ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	38
3.2	ตัวอย่างคำถามวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น 2 ตัวเลือก 4 เหตุผล	38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.3	ตัวอย่างคำถามวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น ตัวเลือก 4 เหตุผล	39
4.1	ร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี	54
4.2	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดก่อนเรียน	56
4.3	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดหลังเรียน	57
4.4	การเขียนปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับและปฏิกิริยาผันกลับได้ของนักเรียน	57
4.5	มโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวสมดุลในปฏิกิริยาเคมี	58
4.6	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดหลังเรียน 30 วัน	60
4.7	ร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนมติ	61
4.8	มโนมติถูกต้องของนักเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาผันกลับได้	62
4.9	ร้อยละมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่องปฏิกิริยาที่ผันกลับได้	63
4.10	มโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับสมดุลไดนามิก	64
4.11	ร้อยละมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	65
4.12	ตัวอย่างผลการทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนอย่างเป็นลำดับขั้น	66
4.13	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนเรื่อง สมดุลในปฏิกิริยาเคมี	67
4.14	ร้อยละมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่อง สมดุลในปฏิกิริยาเคมี	67
4.15	ตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เรื่อง ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล	68
4.16	ร้อยละมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่อง ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล	69
4.17	ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนไม่เข้าใจผลของการเพิ่มและลดความดันต่อภาวะสมดุล	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.18	ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน	71
4.19	ความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนต่อการรบกวนสมดุลของปฏิกิริยาดูดความร้อน	72
4.20	ร้อยละมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล	72
4.21	คะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและคงทนของนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดและต่ำสุด	74
จ.1	กิจกรรมขั้นสร้างความสนใจ	138
จ.2	กิจกรรมขั้นสำรวจและค้นหา	138
จ.3	กิจกรรมขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	139
จ.4	กิจกรรมขั้นขยายความรู้	139
จ.5	กิจกรรมขั้นประเมิน	140

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิด เป็นเหตุและเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

เคมีเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ จำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจวิทยาศาสตร์อื่น เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวัสดุศาสตร์ (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และการพัฒนาประเทศ (สุนันทา วิบูลย์จันทร์ และคณะ, 2546) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการเรียนรู้และทักษะการคิดขั้นสูง ดังนั้นครูผู้สอนวิชาเคมีต้องสามารถสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ (กัลยานี พันโบ และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมี ของโรงเรียนสตรียะลาที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นวิชาที่มีเนื้อหาซับซ้อน เข้าใจยาก อีกทั้งครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบที่ไม่หลากหลาย ครูยังคงมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอน นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้น้อย ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อ ขาดความสนใจต่อวิชาเคมี ซึ่งส่งผลต่อผลการสอบ O-NET จากรายงานผลการสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2555 และ 2556 ของโรงเรียนสตรียะลา พบว่า นักเรียนมีคะแนนวิชาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร มาตรฐานการเรียนรู้ 3.2 เฉลี่ย 30.05 (SD 15.50) และ 30.27 (SD 13.07) ดังตารางที่ 1 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 15 (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2555)

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) มาตรฐาน ว 3.2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิชา เคมี)

ระดับ	ปีการศึกษา 2555		ปีการศึกษา 2556	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
โรงเรียนสตรียะลา	30.05	15.50	30.27	13.07
สพม.15	31.52	16.13	30.33	14.39
จังหวัดยะลา	27.46	13.04	25.88	11.47
ประเทศไทย	31.46	16.19	30.25	14.48

การที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีต่ำ เป็นผลสืบเนื่องจากนักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี เพราะมโนมติในวิชาเคมีจำนวนมากเกี่ยวข้องกับเรื่องนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2556 ; Ware, 2001) เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น เรื่อง อะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี การสร้างมโนมติที่ถูกต้องจึงอาจเป็นเรื่องยาก นอกจากนี้นักเรียนจำนวนมากยังมีแนวโน้มในการมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน หรือผิดจากความเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพราะมโนมติต่าง ๆ ในวิชาเคมีมักจะเกี่ยวเนื่องกันและกัน (วราภรณ์ ถิรสิริ, 2532) นักเรียนส่วนใหญ่จึงลงความเห็นว่าเป็นวิชาที่ยาก น่าเบื่อ และไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555; Kegley, Stacy and Gutwill, 1996) ปัจจัยเหล่านี้ล้วนทำให้นักเรียนไม่สนใจเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555)

สมดุลเคมีเป็นมโนมติหนึ่งที่มีความสำคัญในการเรียนการสอนเคมี เนื่องจากเป็นมโนมติพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษามโนมติอื่น ๆ เช่น การศึกษาเรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีและอุตสาหกรรม การที่นักเรียนไม่เข้าใจมโนมติเรื่องสมดุลเคมี อาจส่งผลให้นักเรียนประสบปัญหาการเรียนวิชาเคมีขั้นสูงต่อไปในอนาคต (Bergquist and Heikkinen; เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) เมื่อวิเคราะห์ผลการเรียนในรายวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี ซึ่งเป็นเนื้อหาสำคัญที่ใช้สำหรับการประเมินผลการเรียนวิชาเคมี ประจำภาคเรียนที่ 2 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา แผนการเรียนวิทย์-คณิต พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีในปีการศึกษา 2555 และ 2556 เป็น 2.11 และ 2.07 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยเฉพาะ ในปีการศึกษา 2556 มีนักเรียนที่ได้ผลการเรียนเท่ากับ 1.5 ถึงร้อยละ 24.02 จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด (กลุ่มบริหารงานวิชาการโรงเรียนสตรียะลา, 2555; 2556)

ตารางที่ 1.2 ผลการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555-2556

ปีการศึกษา	ผลการเรียนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2555	2.11	1.41
2556	2.07	0.97

จากงานวิจัยของเยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) และ Ozmen (2008) พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายประสบปัญหาด้านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีอยู่มาก นักเรียนมีมโนมติเรื่องสมดุลเคมีที่หลากหลาย และมีมโนมติคลาดเคลื่อนในทุกมโนมติย่อย ได้แก่ ปฏิกิริยาผันกลับได้ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล หลักของเลอชาเตอลิเอ และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะ ในเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและสมดุลในปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเป็นมโนมติที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม การที่นักเรียนจะทำความเข้าใจมโนมติเหล่านี้ นักเรียนต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนส่วนหนึ่งเลือกที่จะเรียนรู้โดยการท่องจำแทนการทำความเข้าใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของวิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย (2553) ที่พบว่านักเรียนมีมโนมติหลังเรียน เรื่องสมดุลเคมี ส่วนมากอยู่ในประเภทมโนมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารก่อนและหลังเข้าสู่ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุล การรบกวนภาวะสมดุล และหลักของเลอชาเตอลิเอ

จากประสบการณ์สอนของผู้วิจัย พบว่านักเรียนจำนวนมากไม่ความเข้าใจเนื้อหาของสมดุลเคมีในหลายเรื่อง เช่น สมดุลไดนามิก ที่อธิบายว่า ณ ภาวะสมดุล ระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วเท่ากัน แต่จากการสังเกต จะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของระบบ หรือนักเรียนเข้าใจว่าเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจากเนื้อหาในบทเรียนอธิบายในลักษณะที่เป็นนามธรรม ต้องจินตนาการถึงระดับอนุภาค ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หากนักเรียนไม่เข้าใจมโนมติที่เรียนหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนนักเรียนจะไม่สามารถเรียนรู้มโนมติใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) จึงมีความจำเป็นอย่างมากในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ ซึ่งการปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) จัดกิจกรรมและใช้สื่อที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนมากขึ้น เช่น ใช้กิจกรรมการทดลอง รูปภาพ แบบจำลอง เป็นต้น (เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ครูผู้สอน

จำเป็นต้องมีการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งทางด้านความรู้และทักษะกระบวนการ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และจดจำการเรียนรู้นั้นได้นาน การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จะเกิดประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อนักเรียนได้มีโอกาสทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการ กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ (อุบลวรรณ ไท้ทอง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2554)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และหลักการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนานักเรียนทางด้านความรู้และทักษะกระบวนการ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) และขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล หรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหาในสิ่งที่นักเรียนต้องการหาคำตอบ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งสำหรับการจัดการเรียนการสอนเคมี (Supasorn, 2015) มุ่งเน้นให้นักเรียนตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ออกแบบและทำการทดลองด้วยตัวเอง สร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับหลักฐานที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และสร้างเป็นองค์ความรู้ขึ้นมา (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) โดยที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลาง ให้เข้าใจมโนมติได้ดีขึ้น และเป็นการท้าทายทักษะทางสติปัญญาขั้นสูง (higher-order cognitive skills) สำหรับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงได้อย่างดี (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) นอกจากนี้กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบายเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับการที่นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้พร้อมให้เหตุผลของการทำนาย สังเกตสถานการณ์และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ทำนายและสิ่งที่สังเกต ทำให้เห็นมโนมติของนักเรียนที่ชัดเจนผ่านการอธิบายเหตุผลหลังจากการทำนายและการสังเกต ช่วยพัฒนามโนมติเดิมของนักเรียนสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Smith. et al., 2010) มีความเข้าใจมโนมติที่เรียนได้ในระยะยาว (Costu, B. et al., 2012) มีมโนมติที่

คลาดเคลื่อนน้อย ลงสามารถพัฒนาแนวคิด หรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (รัตนา พันสนิท และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ, 2555)

จะเห็นได้ว่าสมดุลเคมีเป็นมโนมติที่สำคัญสำหรับการเรียนการสอนเคมี ซึ่งนักเรียนส่วนมากยังมีมโนมติคลาดเคลื่อน จึงมีความจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้และกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบายเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างชัดเจน มุ่งเน้นกระบวนการแก่ผู้เรียนและการนำเทคนิค ทำนาย-สังเกต-อธิบาย มาเสริมในขั้นขยายความรู้ทำให้นักเรียนได้มีประสบการณ์เพิ่มเติม มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คงทน สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้สู่ชีวิตประจำวันได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ มาใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง สมดุลเคมี และผู้วิจัยคาดหวังว่างานวิจัยนี้อาจเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนในการวางแผน ออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี และเนื้อหาเคมีอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้เรื่องสมดุลเคมี

1.2.2 เพื่อศึกษาความคงทนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เรื่องสมดุลเคมี

1.2.3 เพื่อศึกษาร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เรื่องสมดุลเคมี

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้เรื่องสมดุลเคมีมีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เรื่องสมดุลเคมีมีคะแนนมโนมติหลังเรียนและความคงทนของมโนมติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เรื่องสมดุลเคมีมีร้อยละมโนมติถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีร้อยละมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1-5/4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสตรียะลา จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 151 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 35 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 18 คน รวมทั้งหมดจำนวน 53 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากร

1.4.3 ตัวแปร

1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

1.4.3.2 ตัวแปรตาม คือ มโนมติ คะแนนมโนมติและความคงทนของมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี

1.4.4 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 เรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหา ออกเป็น 5 เรื่องย่อย ดังนี้

1.4.4.1 ปฏิกิริยาผันกลับได้

1.4.4.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

1.4.4.3 สมดุลในปฏิกิริยาเคมี

1.4.4.4 ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล

1.4.4.5 ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

1.4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และ 5/7 ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ รวมเวลา 12 ชั่วโมง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (2) ขั้นสำรวจและค้นหาด้วยการทดลองเคมีแบบย่อส่วน (3) ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ ผู้สอนใช้กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการทดลองก่อน แล้วสังเกตผลการทดลอง และอธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสิ่งทำนายไว้ (5) ขั้นการประเมินผล

1.5.2 มโนมติ (concept) หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของนักเรียนที่จะสรุปลักษณะสำคัญๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปของสิ่งนั้น

1.5.3 มโนมติถูกต้อง (Good conception) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่ถูกต้องถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลของแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่องสมดุลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนมติถูกต้อง

1.5.4 มโนมติคลาดเคลื่อนหรือมโนมติทางเลือก (Alternative conception) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์แต่ไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลของแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่องสมดุลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ถ้านักเรียนตอบถูกเฉพาะส่วนที่เป็นคำตอบหรือเหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อน

1.5.5 มโนมติผิด (Misconception) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ถ้านักเรียนตอบผิดทั้งส่วนที่เป็นคำตอบและเหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนมติผิด

1.5.6 ความคงทนของมโนมติ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์หลังเรียน 30 วัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติ

1.5.7 การทดลองเคมีย่อส่วน หมายถึงเป็น การทดลองที่มีการใช้สารเคมีปริมาณน้อย อุปกรณ์ขนาดเล็ก ซึ่งการทดลองสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว มีของเสียเกิดขึ้นน้อย เป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและป้องกันการเกิดมลภาวะได้ดี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์ ในเรื่องอื่น ๆ มากขึ้น

1.6.2 นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ในห้องเรียนกับชีวิตประจำวัน จากการใช้อุปกรณ์การทดลองที่นักเรียนพบเจอในท้องถิ่น

1.6.3 นักเรียนมีจิตสำนึกและมีความตระหนักในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม

1.6.4 นักเรียนมีความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนวิชาเคมีมากขึ้น

1.6.5 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลสอบ O-NET สูงขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนในระดับอุดมศึกษาต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

2.2 เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

2.3 การทดลองเคมีแบบย่อส่วน

2.4 มโนมติ

2.5 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลเคมี

2.6 สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมี

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

2.1.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากการศึกษาการให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของนักการศึกษาได้กล่าวไว้อย่างสอดคล้องกันดังนี้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) หมายถึง กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมการเรียนรู้นั้นสะท้อนถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ สิ่งสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ก็คือการให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหา

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551; อ้างอิงจาก National Research Council: NRC, 1996) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจของตนเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ว่ามีวิธีการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างไร โดยกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ต่าง ๆ จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่ให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ออกแบบการทดลอง ใช้วัสดุและเครื่องมือในการเก็บ รวบรวม วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูล ตอบคำถาม อธิบาย ทำนาย และสื่อความหมายผลงานของตนให้ผู้อื่นเข้าใจ

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2544) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้สืบค้นหรือค้นหาคำตอบในเรื่องหรือประเด็นที่กำหนด เน้นให้ผู้เรียนรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ครูมีบทบาทเป็นผู้ให้ความกระจ่างและเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียน “ค้นพบ” ข้อมูลและจัดระบบความหมายข้อมูลของตนเอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกันกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการเป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

จากความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง จากการสังเกต ตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตัวเอง ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สนับสนุน ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้

2.1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้หลากหลายรูปแบบต่างกัน ตัวอย่างหนึ่งของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้แก่ การสืบเสาะหาความรู้

ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5Es Learning Cycle) (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; อ้างอิงจาก Bybee, 1997)

2.1.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนอาจสนใจวัตถุสิ่งของ ปัญหา เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ กิจกรรมของขั้นนี้ควรจะเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมที่ได้เรียนแล้วกับกิจกรรมที่จะเรียนต่อไป การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้อาจทำได้โดยการถามคำถาม การกำหนดปัญหา การแสดงเหตุการณ์ที่ขัดแย้งและแสดงสถานการณ์ทีทำให้เห็นปัญหา ครูมีบทบาทในการแสดงเหตุการณ์และออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน นอกจากนี้ครูยังเป็นผู้เตรียมลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ของกิจกรรม กิจกรรมในขั้นนี้ไม่ควรจะใช้เวลานานและยากเกินไป ควรจะเป็นกิจกรรมที่ง่ายและใช้เวลาสั้น ๆ

2.1.2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจแล้ว นักเรียนจะใช้เวลาในการสำรวจและค้นหาแนวคิดของตน กิจกรรมสำรวจและค้นหานี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะสำรวจและค้นหาวัสดุสิ่งของ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์โดยการสังเกต การลงมือปฏิบัติ ตั้งและทดสอบ สมมติฐาน แก้ปัญหา การหาตัวแปรและการตั้งคำถาม

2.1.2.3 ขั้นอธิบาย (Explanation) การอธิบาย หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการที่ทำให้เกิดความเข้าใจและความกระจ่างเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ กระบวนการอธิบายจะทำให้นักเรียนและครูได้ใช้คำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์หรือกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นนี้ครูอาจให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง จากนั้นครูอาจจะนำเสนอการอธิบายที่เป็นการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการอธิบายนี้ควรเน้นการอธิบายที่เกิดจากนักเรียนเองและควรเชื่อมโยงกับขั้นสร้างความสนใจและขั้นสำรวจและค้นหาด้วย จุดประสงค์หลักของขั้นอธิบายนี้ก็คือการนำเสนอแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย ชัดเจนและตรงไปตรงมาและเพื่อเชื่อมโยงกับกิจกรรมการเรียนขั้นต่อไป

2.1.2.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เมื่อนักเรียนได้อธิบายสิ่งที่ตนเองเรียนรู้แล้ว นักเรียนควรได้มีโอกาสในการประยุกต์หรือขยายแนวคิด กระบวนการหรือทักษะของตน นักเรียนบางคนอาจจะยังไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือเข้าใจแนวคิดที่ตนเองเรียนรู้อย่างเดียว ขั้นขยายความรู้นี้จึงเป็นขั้นที่ช่วยให้นักเรียนได้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น ในขั้นนี้นักเรียนควรได้เรียนรู้แบบร่วมมือและการร่วมอภิปรายเป็นกลุ่มด้วย เพราะจะทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น และได้รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น นอกจากนี้ขั้นขยายความรู้ยังช่วยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่

2.1.2.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) การประเมินอย่างไม่เป็นทางการจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับการประเมินอย่างเป็นทางการ ครูสามารถทำได้หลังจากขั้นขยายความรู้ ครูควรจะประเมินผลการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยอาจจะให้แบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และที่สำคัญคือทำให้นักเรียนมีโอกาสประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นเริ่มต้นของกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมควรจะโยงสิ่งที่เป็นประสบการณ์ที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้วและสิ่งที่กำลังเรียนอยู่ และกิจกรรมควรมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	- ถามคำถาม เช่น ทำไมถึงเกิดเช่นนี้ อะไรที่ฉันรู้แล้วบ้างเกี่ยวกับเรื่องนี้ ข้อมูลอะไรที่ฉันสามารถหาเพื่อศึกษาเรื่องนี้ จะมีวิธีการแก้ปัญหาเรื่องนี้อย่างไร	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้ อยากเห็น - ตั้งคำถามหรือปัญหา - ตรวจสอบหรือหาความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดหรือหัวข้อที่กำลังจะสอน
ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะรับประสบการณ์เพื่อหาและพัฒนาแนวคิด กระบวนการและทักษะของตน	- คิดอย่างสร้างสรรค์ภายใต้กิจกรรมที่กำหนด - ทดสอบการทำนายและสมมติฐาน - ตั้งการทำนายและสมมติฐานใหม่ - หาวิธีการแก้ปัญหาและอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการนั้นกับเพื่อนร่วมชั้น - บันทึกสิ่งที่สังเกตได้ - ตรวจสอบแนวคิดของตน	- สนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม - สังเกตและฟังขณะนักเรียนทำงานและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น - ถามคำถามเพื่อชี้ประเด็นให้นักเรียนรู้ทิศทางว่าเขากำลังตรวจสอบอะไร - ให้เวลากับนักเรียนในการสำรวจตรวจสอบ - เป็นที่ปรึกษา

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นอธิบาย เป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียนพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ในขั้นสร้างความสนใจและขั้นสำรวจและค้นหาที่ผ่านมาและเปิดโอกาสให้แสดงความเข้าใจ กระบวนการ หรือทักษะของตน ในขั้นนี้ครูสามารถนำเสนอแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะของนักวิทยาศาสตร์	- อธิบายคำตอบที่เป็นไปได้แก่เพื่อนร่วมชั้น - ฟังการอธิบายของเพื่อนกลุ่มอื่นอย่างพินิจพิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับการอธิบายของผู้อื่น - ฟังและพยายามทำความเข้าใจจากการอธิบาย - เชื่อมโยงกับกิจกรรมที่ผ่านมา ใช้ข้อมูลที่บันทึกจากการสังเกตในการอธิบาย	- สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายแนวคิดและนิยามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง - ถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐานและสร้างความกระจ่างกับสิ่งที่สำรวจหรือค้นหา - เตรียมคำนิยาม คำอธิบาย และคำศัพท์ใหม่ - ใช้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการอธิบายแนวคิด
ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นท้าทายและขยายความสนใจของนักเรียนให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะเพิ่มเติม การเรียนรู้แบบร่วมมือจะเกิดขึ้นในขั้นนี้ด้วย นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจที่ลึกและกว้างขึ้นจากประสบการณ์ใหม่	- การประยุกต์หรือขยายแนวคิดกระบวนการหรือทักษะของตน - นำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ - เรียนรู้แบบร่วมมือ - ร่วมอภิปรายเป็นกลุ่ม - แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น - รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น - เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่	- กระตุ้นนักเรียนให้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความคิดของตน - ให้ข้อมูลป้อนกลับ - จัดเตรียมประสบการณ์หรือสถานการณ์หรือปัญหาใหม่

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นประเมิน ขั้นประเมินเป็นขั้นสนับสนุนให้นักเรียนได้ประเมินความเข้าใจและความสามารถของตน และครูได้มีโอกาสประเมินพัฒนาของนักเรียนว่าเป็นไปตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือไม่ อย่างไร	- ประเมินการพัฒนาความเข้าใจของตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และเรียนรู้อย่างไร - เปรียบเทียบความรู้เดิมและแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติม - ทำแบบวัดและประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของตน	- กระตุ้นให้นักเรียนประเมินความเข้าใจของตน - วัดและประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน - ใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบการเรียนรู้ของนักเรียน

ที่มา: ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551: 39-42)

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ ขั้นสร้างความสนใจเป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้โดยการถามคำถาม หรือกำหนดสถานการณ์ โดยกิจกรรมในขั้นนี้เป็นกิจกรรมที่เชื่อมโยงในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วและสิ่งที่กำลังจะเรียนต่อไป ในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนสำรวจตรวจสอบและค้นหาแนวคิดของตนโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อรวบรวมข้อมูลในการตอบปัญหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการสำรวจตรวจสอบ ร่วมกันวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูดของนักเรียน ในขั้นขยายความรู้นักเรียนเชื่อมโยงกับคำอธิบายของนักเรียนกับความรู้อื่น ๆ และเปรียบเทียบกับความรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ ความเข้าใจที่ลึกและกว้างขึ้นจากประสบการณ์ใหม่ และขั้นประเมินผล ครูประเมินผลนักเรียนในทุกขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้และเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินความเข้าใจของตัวเองด้วย

2.1.3 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) และพิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

(1.1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

(1.2) เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์ และนักจัดระเบียบ

(1.3) การค้นพบด้วยตัวเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

(1.4) นักเรียนได้มีโอกาสฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

(1.5) นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอนจะทำให้การเรียนมีความหมาย เป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

(1.6) นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

(1.7) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

(1.8) นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดีคือ นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาศักยภาพด้านปัญญา ความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติ มีประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนค้นพบและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง จึงทำให้การเรียนมีความหมาย มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สามารถจดจำความรู้ได้นานและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2 เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย มาจากคำว่า Predict-Observe-Explain: POE เป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำนาย (Predict) การสังเกต (Observe) และการอธิบาย (Explain) ใช้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ มุ่งมั่นในการทดลอง โดยให้นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนลงมือทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสังเกตอย่างจดจ่อ ละเอียด รอบคอบ นำผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายและเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนายไว้ นักเรียนจะรู้สึกสนุกสนาน และในช่วงที่ทำกิจกรรมหรือทำการทดลองแล้วท้าทายในการค้นหาความรู้ เพื่อตรวจสอบผลการทำนายของตนเอง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้เสนอขั้นตอนของเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายซึ่งมี 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นทำนาย (Predict) ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม/คน ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการสาธิตการทดลองหรือปัญหาที่กำหนด

(2) ขั้นสังเกต (Observe) ครูให้นักเรียนทำการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร และเป็นไปที่ทำนายไว้หรือไม่

(3) ขั้นอธิบาย (Explain) ให้นักเรียนอธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง อาจตรงกับที่ทำนายไว้ทั้งหมด หรือบางส่วน ครูให้นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุและสรุป

อุบลวรรณ ไท้ทอง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2554) ได้สรุปเกี่ยวกับขั้นตอนของเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำนาย สังเกต และขั้นอธิบาย

(1) ขั้นการทำนายผล (Predict: P)

บทบาทครู: เป็นผู้นำเสนอสถานการณ์ ยกตัวอย่าง หรือสาธิตการทดลองและทำการตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ หรือการทดลองนั้นเพื่อให้นักเรียนได้ทำนายผล

บทบาทนักเรียน: ทำนายผลการทดลองที่ควรจะเป็นไปได้จากการทดลองที่ครูกำหนดขึ้น

(2) ขั้นการหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหา (Observe: O)

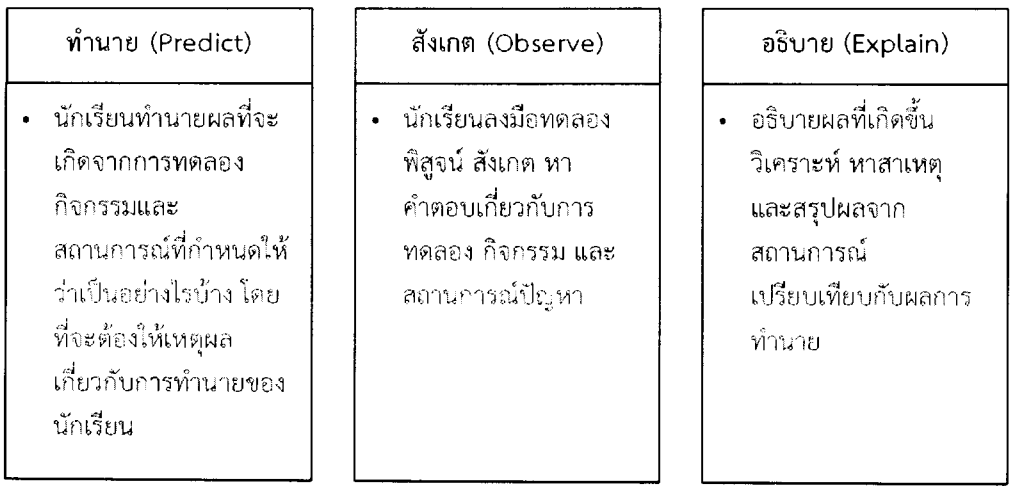
บทบาทครู: จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลอง ตรวจสอบ ทำความเข้าใจกับนักเรียนถึงวิธีการทดลองให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน พร้อมทั้งดูแลให้คำปรึกษานักเรียนในขณะที่ทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบของสถานการณ์หรือการทดลอง

บทบาทนักเรียน: ออกแบบการทดลองจากอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมให้ ทำการทดลอง สังเกต สืบค้นข้อมูล และวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาหรือการทดลองนั้น ๆ

(3) ขั้นการอธิบาย (Explain: E)

บทบาทครู: อภิปรายและลงข้อสรุปจากผลที่นักเรียนได้จากการทำนายและหาคำตอบของนักเรียนโดยร่วมกันอภิปรายกับนักเรียนทั้งชั้นเรียน

บทบาทนักเรียน: อธิบายผลจากการทำนายและการหาคำตอบ ว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนของเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

ที่มา: อุบลวรรณ ไท้ทอง (2554: 23)

จากขั้นตอนของเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายข้างต้น จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูนำเสนอสถานการณ์ และให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง แล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวโดยการลงมือทดลองและสังเกตการทดลองเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ หลังจากนั้นนักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสังเกตและเปรียบเทียบถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทดลองกับคำตอบที่ได้ทำนายไว้ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร นำไปสู่การค้นพบคำตอบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

2.3 การทดลองเคมีแบบย่อส่วน (small scale chemistry)

การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัตินั้นเป็นส่วนสำคัญของการเรียนวิชาเคมี (Bradley, 2001) การสอนแบบการทดลองนั้นทำให้ผู้เรียนได้พบประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติจริง ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ทำให้เรียนได้อย่างมีชีวิตชีวา จดจำได้นานโดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์มีทฤษฎี กฎ สูตร ต่าง ๆ มากมายเมื่อนักเรียนเป็นผู้ทดลองเองแล้ว จะทำให้เกิดความรู้จริงแล้วนำความรู้นั้นไปใช้ประโยชน์ (ชาญชัย ยมดิษฐ์, 2548) ซึ่งการทดลองเคมีแบบเดิมนั้น ก่อนการทดลองครูจะต้องใช้เวลาในการเตรียมการทดลองมาก อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ สารเคมีที่ใช้มีปริมาณมาก เมื่อทดลองเสร็จแล้วมักทิ้งสารเคมีทางท่อระบายน้ำ ทำให้ส่งผลเสียต่อสภาวะแวดล้อม และการใช้สารเคมีในปริมาณมากก็ยังเป็นอันตรายสำหรับครูและนักเรียนหากสัมผัสกับสารเคมีโดยตรงหรือสูดดมเข้าไป เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ นอกจากนี้บางโรงเรียนมีอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีไม่เพียงพอ จากงบประมาณที่จำกัด ไม่สามารถซื้ออุปกรณ์และสารเคมีเพิ่มเติมได้ ครูผู้สอนจึงเลือกที่จะสอนเพียงแต่เนื้อหาเพื่อให้นักเรียนทำข้อสอบสำหรับสอบเข้ามหาวิทยาลัยได้เพียงอย่างเดียว ทำให้นักเรียนขาดโอกาสในการที่จะได้ทดลอง ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

การทดลองเคมีแบบย่อส่วนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับครูและนักเรียนในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์ และสารเคมี เพราะการทดลองมีประสิทธิภาพเทียบเท่าการทดลองแบบดั้งเดิม แต่ระยะเวลาในการเตรียมการทดลองสั้นลง การทดลองเคมีลักษณะนี้ถูกย่อส่วนลงให้มีขนาดที่เล็กที่สุดและยังสามารถสร้างปฏิกิริยาทางเคมีได้เช่นเดียวกับในการทดลองในขนาดปกติ การเรียนการสอนทางเคมีจะสามารถขยายไปได้ในวงกว้างมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถทำการทดลองได้ด้วยตนเอง และเสี่ยงต่ออันตรายน้อยลง การทดลองแบบย่อส่วนยังใช้เวลาและก่อให้เกิดของเสียน้อยกว่าปกติอีกด้วย (ศุภวรรณ ตันตยานนท์, 2554) นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีและมีจิตในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมมากขึ้น การทดลองสามารถทำซ้ำได้อย่างง่ายดายและวัสดุที่ใช้ในการทดลองสามารถหาได้จากชีวิตประจำวัน (Zakaria, Latip, and Tantayanon, 2012)

2.3.1 การทดลองเคมีแบบย่อส่วน (Small Scale Chemistry) คืออะไร

การทดลองเคมีแบบย่อส่วน คือ การลดปริมาณการใช้สารเคมีให้อยู่ในระดับที่น้อยมากในการทดลองแต่ยังให้ผลการทดลองที่ดี เรียกว่า microscale หรือ small scale chemistry ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถรักษาสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดมลภาวะ โดยใช้สารเคมีในปริมาณน้อย แต่ยังคงมีคุณภาพ มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ สามารถลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ได้ถึงร้อยละ 80-90 (Kelly and Finlayson, 2002)

พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์ (2546) กล่าวไว้ว่า เคมีย่อส่วนเป็นเรื่องใหม่ซึ่งจะเปิดโอกาสให้ทุกคนได้เห็นและสัมผัส ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ สามารถนำผู้เรียนเข้าสู่การทดลองทางเคมี ช่วยให้การเรียนการสอนเคมีน่าสนใจ เข้าใจลึกซึ้ง มีความรู้ ใฝ่เรียน และส่งเสริมกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งประหยัดและปลอดภัย โดยมีรูปแบบหลัก ๆ คือ

(1) ใช้สารเคมีน้อยลงถึง 1 ใน 1000 ของปริมาณที่ใช้กันในปฏิบัติการเคมีทั่วไป

(2) เปลี่ยนจากการใช้เครื่องแก้วมาเป็นอุปกรณ์ที่ทำด้วยพลาสติก

(3) เป็นการสังเกตเปรียบเทียบตัวอย่างต่าง ๆ ที่หลากหลายได้อย่างรวดเร็ว และทำได้ทั้งสามเฟส คือ แก๊ส ของเหลว และของแข็ง

Singh, M.M, Szanfran, Z and Pike, R.M. (1999) กล่าวไว้ว่า Michroscale chemistry เป็นปฏิบัติการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดมลภาวะผ่านกระบวนการใช้เครื่องแก้วขนาดเล็กและลดปริมาณการใช้สารเคมีซึ่งง่ายต่อการจัดการแต่ยังสามารถอธิบายหลักการทางเคมีได้

การทดลองแบบไมโครสเกล (Microscale laboratory บางครั้งอาจเรียกว่า การทดลองแบบย่อส่วน (Small-scale experiment) คือการทำการทดลองให้มีขนาดเล็กลงจากการทดลองในระบบเก่า โดยการทดลองแบบเก่าจะใช้สารปริมาณมาก ใช้อุปกรณ์ขนาดใหญ่แต่เทคนิคไมโครสเกลจะใช้สารปริมาณน้อยและมีการดัดแปลงอุปกรณ์ที่ใช้ให้เหมาะสมทำให้ลดค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีลงได้มาก ลดอันตรายมีความปลอดภัยสำหรับครู-อาจารย์ นักเรียนและนักศึกษามากขึ้น (พิทักษ์ อยู่มี, 2544)

กล่าวโดยสรุปการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เป็นการทดลองที่มีการใช้สารเคมีปริมาณน้อย อุปกรณ์ขนาดเล็ก การทดลองสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว มีของเสียเกิดขึ้นน้อย ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดมลภาวะได้ดี

2.3.2 ข้อดีของการใช้การทดลองเคมีแบบย่อส่วน

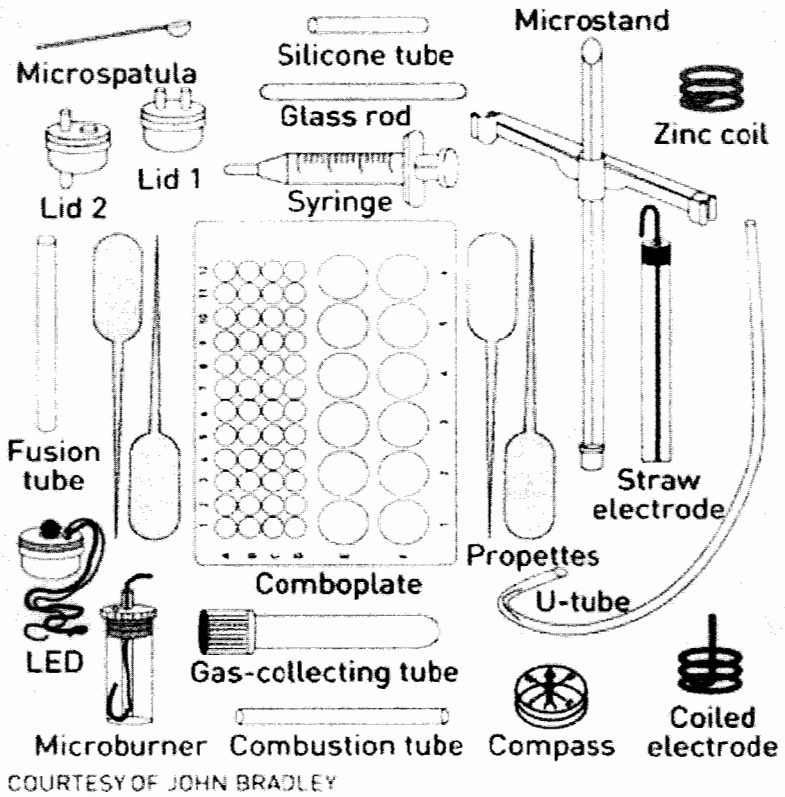
2.3.2.1 ประหยัดค่าใช้จ่าย (Cost) เคมีย่อส่วนสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์รวมทั้งสารต่าง ๆ ที่ใช้ทำความสะอาดหลังการทดลอง เช่น น้ำที่ใช้ล้างเครื่องแก้ว

กระดาษชำระสำหรับเช็ดอุปกรณ์ลดลง และยังมีผลทำให้สามารถใช้สารเคมีในการทดลองได้หลายชนิด

2.3.2.2 มีความปลอดภัย (Safety) เนื่องจากมีการใช้สารเคมีปริมาณน้อย จึงลดโอกาสการเกิดไฟไหม้ ระเบิดและการบาดเจ็บรุนแรงได้ และลดการเกิดมลภาวะที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อใช้สารเคมีปริมาณน้อย ของเสียจึงเกิดขึ้นน้อย

2.3.2.3 ประหยัดเวลา (Quickly) ทำให้ประหยัดเวลาทั้งในขั้นการเตรียมสาร เตรียมอุปกรณ์ ขั้นตอนการทดลอง และการทำความสะอาดหลังเสร็จสิ้นการทดลอง (พิทักษ์ อยู่มี, 2544)

นอกจากนี้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นพลาสติก หาได้ทั่วไป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นอุปกรณ์ปกติธรรมดาในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ชีวโมเลกุล และการวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยี เมื่อปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน ทั้งง่าย ถูก ปลอดภัย และพกพาสะดวก สามารถนำมาใช้ทดลองควบคู่กับการสอนในห้องเรียน ผู้เรียนสามารถทำการทดลอง พร้อมสังเกตและสรุปผล ทำให้เข้าใจในวิชาเคมีอย่างลึกซึ้ง และจากการที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ในเคมีแบบย่อส่วนมีขนาดเล็ก ไม่แตกง่าย จึงอาจทดลองในภาคสนามได้อีกด้วย (พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์, 2546)



ภาพที่ 2.2 อุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในการทดลองเคมีแบบย่อส่วน

ที่มา: Zakaria et.al. (2012: 510)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำการทดลองเคมีแบบย่อส่วนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ทั้งในกิจกรรมหลักในขั้นสำรวจและค้นหา และกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติเรื่องสมดุลเคมีจากการทดลองด้วยตนเองอย่างเต็มศักยภาพและยังเป็นการสร้างจิตสำนึกให้กับนักเรียนในการช่วยกันประหยัดทรัพยากรและการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมมากขึ้น

2.4 มโนมติ (Concept)

2.4.1 มโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conception) ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542; อ้างอิงจาก คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุการสอนวิทยาศาสตร์, 2525) ได้ให้ความหมายของคำว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ว่าหมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง มโนมติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนมติหนึ่ง ๆ อาจเกิดมาจากการนำเอามโนมติหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล มโนมติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นสากล มโนมติวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนและมีความรู้ในระดับสูงชัดเจนดีขึ้น

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542; อ้างอิงจาก ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ, 2525) ได้ให้ความหมายของคำว่า มโนมติวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งและแต่ละคนอาจจะมีมโนมติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแตกต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) ได้ให้ความหมายของมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (children's science) ไว้ว่า เป็นความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอยู่และต่อความหมายของคำที่นักเรียนได้รับก่อนที่นักเรียนจะได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียน มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้พัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนพยายามที่จะเข้าใจโลกที่เขาอาศัยอยู่นั้น โดยอาศัยประสบการณ์ความรู้ในปัจจุบันและจากภาษาของตนเอง

มังกร ทองสุขดี (2535) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึงความคิดสำคัญหรือข้อสรุปของความคิดที่เราได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อมในชีวิตมนุษย์ มโนมติบางชนิดจะช่วยเสริมสร้างคุณค่าของประสบการณ์ ให้ความหมายต่อชีวิตมากมาย แต่ก็มีบางมโนมติ บางรูปแบบที่อาจซ่อนอยู่ภายใน ที่ยังไม่สามารถจะนำมาปรุงแต่งให้มีคุณค่าก็ได้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2537; อ้างอิงจาก กาญจนา เป็งวงค์, 2546) ได้กล่าวถึงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งมีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ จนเกิดการรับรู้และสรุปเป็นความเข้าใจเรื่องนั้นของแต่ละบุคคล

จากความหมายของมโนมติวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะสำคัญ ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน

2.4.2 มโนมติคลาดเคลื่อน

คำว่า Alternative conception ในภาษาไทย ใช้ชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปเช่น มโนมติคลาดเคลื่อน มโนมติทางเลือก หรือ แนวคิดคลาดเคลื่อน สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า “มโนมติคลาดเคลื่อน” นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของ มโนมติคลาดเคลื่อน ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) ได้ให้ความหมายของมโนมติคลาดเคลื่อนว่าเป็นคำตอบหรือคำอธิบายที่แสดงถึงความคิด ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง คลุมเครือ สับสน ไม่มีเหตุผลเพียงพอ ปราศจากพื้นฐานหรือไม่มีมโนมติอันเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554; อ้างอิงจาก Gussarsky and Gorodetsky, 1990) ได้ให้ความหมายมโนมติคลาดเคลื่อนว่าเป็นกระบวนการเชื่อมโยงมโนมติจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันหรือเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งกับเนื้อหาที่คลาดเคลื่อนจากอีกเรื่องหนึ่ง ทำให้เกิดการถ่ายทอดที่ผิดพลาดจากเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกเนื้อหาหนึ่ง

พนิดา กันยะกาญจน์ (2557; Griffiths and Thomey,1988) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติคลาดเคลื่อน คือ แนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่งเกิดจากแนวคิดล่วงหน้าหรือที่มีอยู่ก่อน (Preconceptions) ซึ่งความคิดนี้อาจจะแตกต่างไปจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิงแตกต่างไปเพียงบางส่วน หรือสอดคล้องกับแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ ความคิดคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นได้ต้องใช้ระยะเวลายาวนาน ถ้าเกิดขึ้นแล้วจะเป็นความคิดที่ผิดพลาดจะคงอยู่ไปอีกนานที่ยากจะแก้ไขเปลี่ยนแปลง

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนมติคลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจที่มีความรู้พื้นฐานมาจากประสบการณ์เดิมที่แตกต่างไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิงหรือแตกต่างเพียงบางส่วน

2.4.3 มโนมติผิด

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนมติผิด (Misconception) ดังนี้

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2554; อ้างอิงจาก Lawson and Thompson, 1988) ให้ความหมายว่า มโนมติผิด หมายถึง ความรู้ที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากการมีประสบการณ์ด้วยตนเองและมโนมติผิดนี้โดยส่วนมากจะเป็นแนวคิดที่ผิดพลาดที่นักเรียนมีอยู่ฝังแน่นยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2554; อ้างอิงจาก Griffiths, et al. 1988) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติผิด หมายถึง แนวความคิดเชิงมโนมติที่มีความหมายแตกต่างกันไปจากความหมายของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป และยากที่จะแก้ไขให้ถูกต้อง

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนมติผิด หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดที่ฝังแน่น ยากที่จะเปลี่ยนแปลงและแก้ไขให้ถูกต้อง

2.5 มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลเคมี

ตารางที่ 2.2 มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลเคมี

เนื้อหา	มโนมติคลาดเคลื่อน
การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล	1. การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟของความเข้มข้นของสารต่าง ๆ คงที่ และเป็นเส้นตรง แสดงว่า ณ ภาวะสมดุลไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น
ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี	2. ณ ภาวะสมดุล ของปฏิกิริยาเคมีไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น 3. ณ ภาวะสมดุล จะต้องพบสารทุกชนิดในระบบและสารต่าง ๆ ต้องมีปริมาณเท่ากัน 4. ณ ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารที่มีเลขสัมประสิทธิ์เท่ากันจะมีความเข้มข้นเท่ากัน 5. ณ ภาวะสมดุล จะพบเพียงผลิตภัณฑ์เท่านั้น
ค่าคงที่สมดุล	6. ณ ภาวะสมดุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ 7. หากเปลี่ยนความเข้มข้นของสารในภาวะสมดุลหรือปริมาตรของแก๊สในระบบจะทำให้ค่าคงที่ของสมดุลเปลี่ยนไป 8. ค่าคงที่สมดุลมีค่ามากแสดงว่าจะพบผลิตภัณฑ์มากกว่าสารตั้งต้น 9. ค่าคงที่สมดุลไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

ตารางที่ 2.2 มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลเคมี (ต่อ)

เนื้อหา	มโนมติคลาดเคลื่อน
ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล	10. การเติมสารประกอบไอออนิกลงในปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลทำให้ไอออนของสารประกอบนั้นแตกตัวและไปเพิ่มปริมาณของไอออนให้มากขึ้นในระบบ 11. ลดปริมาตรหรือเพิ่มความดันของระบบจะไม่มีผลกระทบหรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อภาวะสมดุล 12. การเพิ่มความเข้นของสารหรือเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น หรือทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าและปริมาณของผลิตภัณฑ์มากขึ้น

ที่มา: เยาวเรศ ใจเย็น (2550); ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551)

2.6 สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมี

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้กล่าวว่า มโนมติในเนื้อหาวิชาเคมีมีความสำคัญมากที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร และสามารถนำมโนมตินั้นมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ แต่บางครั้งมโนมติในเนื้อหาวิชาเคมีอาจจะยากสำหรับนักเรียนและทำให้นักเรียนมีมโนมติทางเลือกที่คลาดเคลื่อน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

(1) ภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันในบริบทของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากวิชาเคมีเปรียบเหมือนอีกภาษาหนึ่งที่นักเรียนต้องเรียนรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากภาษาที่ตนเองใช้ในชีวิตประจำวัน มีคำศัพท์มากมายที่นักวิทยาศาสตร์และนักเคมีใช้แต่นักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจคำศัพท์นั้น เช่น คำว่าอนุภาคที่ใช้ในชีวิตประจำวันคือของแข็งที่มีขนาดเล็กแต่สามารถมองเห็น แต่ในวิชาเคมีอนุภาคหมายถึง อะตอม ไอออน หรือโมเลกุล ซึ่งจะเห็นว่าภาษาที่ใช้ทำให้นักเรียนแปลความหมายที่แตกต่างกัน

(2) นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน เช่น ถ้านักเรียนไม่เข้าใจเรื่องกระแสไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า หรือตัวนำไฟฟ้า อาจทำให้นักเรียนมโนมติทางเลือกเรื่องไฟฟ้าเคมี หรือถ้านักเรียนไม่เข้าใจเรื่องปริมาณสัมพันธ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาก่อน นักเรียนอาจไม่เข้าใจมโนมติที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น เรื่องสมดุลเคมี เป็นต้น

(3) การประยุกต์โดยอาศัยความจำและตัวเลข ในบางครั้งนักเรียนจะใช้ความจำในการแก้โจทย์ปัญหาโดยไม่พิจารณาความรู้เชิงทฤษฎีโดยเฉพาะในเนื้อหาเรื่องการดุลสมการ

(4) การทับซ้อนของมโนมติที่คล้ายกัน ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนเข้าใจว่าสมดุลเคมีเหมือนกับสมดุลทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ นักเรียนจึงคิดว่า สมดุลเคมีเป็นสมดุลที่หยุดนิ่งและสองข้างของสมการมีสมบัติเหมือนกันทุกประการ

(5) การประยุกต์ใช้มโนมติที่ไม่เหมาะสมกับบริบท เช่น นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับความมีขั้วของโมเลกุล มาทำนายรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบ

(6) การใช้นิยาม โมเดล และทฤษฎีที่หลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น เรื่อง กรด-เบส จะใช้ทฤษฎีเพื่ออธิบายพฤติกรรมของกรดและเบสหลายทฤษฎี แต่ละทฤษฎีมีความยากง่ายแตกต่างกัน หากมองอีกมุมหนึ่ง การพัฒนาทฤษฎีหรือโมเดลเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เป็นการสะท้อนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ว่า โมเดลหรือ ทฤษฎีหนึ่ง ๆ มีข้อจำกัด ดังนั้นเมื่อใช้โมเดลหรือทฤษฎีต่าง ๆ ในการเรียนการจึงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดนั้นด้วย การใช้คำศัพท์ในแต่ละวิชาอาจแตกต่างกันแม้จะเป็นแนวคิดเดียวกันก็ตาม การใช้คำศัพท์ที่แตกต่างกันนี้เองทำให้นักเรียนเกิดมโนมติคลาดเคลื่อนได้ โดยเฉพาะวิชาเคมีกับฟิสิกส์บางครั้งอาจใช้คำศัพท์แตกต่างกัน สาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนคือ การใช้อุปมา อุปมัยจะช่วยเชื่อมโยงมโนมติที่เป็นนามธรรมกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือรู้จัก แต่บางครั้งอาจทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอย่างไม่ตั้งใจ เพราะนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงหรือพิจารณาข้อจำกัดของการใช้อุปมาอุปมัย

(7) นักเรียนไม่สามารถนึกภาพในระดับจุลภาค เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติทางเลือก

(8) มโนมติในหนังสือเรียนไม่ตรงกับมโนมติที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ดังนั้นเมื่อนักเรียนอ่านหนังสือเรียนนั้นจะเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้

การปรับมโนมติทางเลือกที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ลึกซึ้งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ไม่ใช่เพียงข้อเท็จจริงหรือคำศัพท์เท่านั้น ควรนำเสนอสิ่งที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน (ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง และนฤมล ยุตาคม, 2548; อ้างอิงจาก ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) นอกจากนี้ควรศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาวิชาเคมีในมาตรฐานการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง เพื่อที่จะทราบว่ามีหัวข้อหรือเนื้อหาใดที่นักเรียนต้องทราบหรือมีความรู้พื้นฐานมาก่อนและจะเรียนเนื้อหาใดต่อไป ครูควรใช้สื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่เป็นนามธรรมให้ชัดเจนมากขึ้น เช่น การใช้รูปภาพ แบบจำลอง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสสาร และการเปลี่ยนแปลงสสารได้ทั้งในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

ธวัช ยะสุคำ (2555) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 คาบ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอุ้มผางวิทยาคมพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเพราะวิธีการสืบเสาะ เป็นกระบวนการที่เน้นพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน เป็นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้มากที่สุด มีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น มีความเข้าใจในเนื้อหา ได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม รู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มีความคิดสร้างสรรค์ ตลอดจนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง และมีคะแนนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเช่นเดียวกัน เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ขนิด 5E จะมีขั้นตอนของทักษะการคิดเชิงวิพากษ์สอดแทรกอยู่เสมอ ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสอนที่ทันสมัย และใช้สื่อนวัตกรรมทางการศึกษาประกอบการเรียน ใช้คำถามส่งเสริมการคิด ส่งผลให้เกิดความสามารถในเชิงวิพากษ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ควบคู่กับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) โดยสอดแทรกในขั้นการสร้างความสนใจ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจภายในแล้วสามารถตั้งคำถามวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน เพื่อนำไปสู่การค้นหาวิธีการหาคำตอบ และสามารถนำความรู้นั้นมาสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตัวเอง

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2556) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 คาบ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนรามวิทยา รัชมังคลาภิเษก โดยแทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในขั้นสร้างความสนใจ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม POE ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้น ๆ และทำให้นักเรียนอยากรู้คำตอบที่คาดคะเนไว้ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้เมื่อเรียนแล้วเกิดความรู้มากขึ้น และยังเน้นทักษะการคิดและทักษะความรู้ขั้นสูง ทำให้เป็นส่วนหนึ่งที่สนับสนุนในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชานั้น ๆ ได้ และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลของการทดลองที่ได้แล้วนำมาเปรียบเทียบและเชื่อมโยงหลักการที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาอธิบายและเป็นคำตอบของคำถามที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเชียงแก้วพิทยาคม โดยมโนมติที่ศึกษาได้แก่ ความหมายและการคำนวณ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตรา ผลของพื้นที่ผิวที่มีต่ออัตรา ผลของความเข้มข้นที่มีต่ออัตรา กลไกของตัวเร่งที่มีต่ออัตรา และผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตรา พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนมติ สังเกตได้จากนักเรียนมีมโนมติที่ผิดลดลง แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ ช่วยลดมโนมติที่ผิดของนักเรียนลงได้ เนื่องมาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเปรียบเทียบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตัวเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมตินั้นอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติได้ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำมาสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และนักเรียนยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยมีครูเป็นผู้ทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ ให้แก่นักเรียน

ทัศวรรณ ภูผาดแร่ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสกลพัฒนศึกษา โดยศึกษาสมบัติและปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยเนื้อหาสมบัติและปฏิกิริยาของโปรตีน สมบัติและปฏิกิริยาของลิพิด มีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นหัวข้อที่นักเรียนให้ความสนใจมากที่สุด และเป็นเรื่องที่นักเรียนสามารถพบเห็นและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มากที่สุด ในตอนท้ายนักเรียนสามารถทำกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะได้ดีขึ้น ส่วนเนื้อหาสมบัติและปฏิกิริยาคาร์โบไฮเดรต ร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด เพราะเป็นหัวข้อในตอนต้น นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงการจัดการเรียนการสอนให้เข้ากับชีวิตประจำวันได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ POE ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจ มีความสนใจอยากรู้คำตอบที่คาดคะเนไว้ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

กรีฑา ภูผาดแร่ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน สกลราชวิทยานุกูล พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุดเรื่อง ยาง เพราะเนื้อหาเรื่องยางนักเรียนจะต้องทำการทดลองจึงทำให้เกิดความเข้าใจประกอบกับเป็นหัวข้อในตอนท้าย ซึ่งนักเรียนสามารถทำกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ดีขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทชีวิตประจำวัน และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวนักเรียนเอง ได้เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีและมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดออกแบบ วางแผนการทดลอง เพื่อหาคำตอบของคำถาม และค้นคว้าหาข้อมูลเพื่ออธิบายในสิ่งที่นักเรียนได้ทำการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ศึกษา นักเรียนจึงมีพัฒนาการด้านการมีความคิดเห็นของตนเอง กล้าในการแสดงความคิดและการตั้งคำถาม โดยที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน และเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555)

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

พัลยมน เย็นสมุทร และเสนอ ชัยรัมย์ (2557) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบสโรงเรียนสตรีสิริเกศ โดยมโนมติที่ศึกษาได้แก่ กรด-เบส ในชีวิตประจำวัน อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ทฤษฎีกรดเบสและ pH ของสารละลาย ปฏิกิริยาของกรด-เบส รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความเข้าใจเชิงมโนมติตัวเลือกสองลำดับขั้น หลังจากการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย ช่วยพัฒนามโนมติของนักเรียนได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ค้นคว้าหาคำตอบ และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มมากขึ้น โดยครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้คอยควบคุม ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ วางแผนในการจัดการเรียนรู้และเตรียมสื่อการเรียนรู้ นอกจากนี้ การใช้แบบวัดมโนมติตัวเลือกสองลำดับขั้นยังช่วยสะท้อนความเข้าใจเชิงมโนมติของนักเรียนผ่านตัวเลือกที่เป็นเหตุเป็นผลกัน สามารถทำให้เข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ง่ายกว่าการการใช้แบบวัดมโนมติตัวเลือกลำดับขั้นเดียว

อุบลวรรณ ไท้ทอง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2554) ได้จัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี หลังจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยนักเรียนสามารถทำนาย ตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความสุขและสนุกกับการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าผลการทดลองเป็นไปตามที่ทำนายไว้หรือไม่ หากผลการทดลองตรงตามที่ทำนาย นักเรียนจะรู้สึกสนุกและทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผล ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น มีความเข้าใจในเนื้อหาชัดเจนมากยิ่งขึ้น

รัตนา พันสนิท และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ (2555) ได้จัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องงานและพลังงาน เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านป่าโนนซาง โดยศึกษามโนมติเรื่อง การเกิดงาน พลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่นและกฎการอนุรักษ์พลังงาน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบวัดมโนมติงานและพลังงาน แผนผังมโนมติ และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม หลังจากได้รับการสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนรู้สู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ขณะที่จำนวนของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนลดลง

พัตตาวัน นาใจแก้ว และวรัญญา จีระพูลวรรณ (2557) ได้ใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปมัยต่อมโนมติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา จังหวัดอุดรธานี โดยใช้แบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก หลังจัดการเรียนรู้พบว่า ครูมีมโนมติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากครูสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ อีกทั้งครูยังได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่การทำนายที่สะท้อนความรู้เดิมของตนเองแล้วพิสูจน์ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งผลที่ออกมาต่างหรือเหมือนกับที่คาดการณ์ไว้นั้นจะต้องอธิบายอย่างสมเหตุสมผล และอยู่บนข้อมูลที่รวบรวมไว้ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และการนำการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยมาเสริมมีความสำคัญต่อการแนะนำและช่วยให้ผู้เรียนสร้างมโนมติที่ซับซ้อน เข้าใจยาก ไม่คุ้นเคยให้เป็นรูปธรรมและเข้าใจง่ายขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถพัฒนามโนมติของนักเรียนจากมโนมติเดิมสู่มโนมติวิทยาศาสตร์ได้ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง เนื่องจากนักเรียนได้มีการสร้างองค์ความรู้จากการทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมให้เหตุผล หลังจากนั้นสังเกตสถานการณ์หรือการทดลอง ขั้นสุดท้ายอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสังเกตและเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนายกับผลจากการสังเกตว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร จากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจนได้ข้อสรุปของคำอธิบาย ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้อย่างลึกซึ้ง สร้างเป็นองค์ความรู้ของตัวเองได้

2.7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเคมีแบบย่อส่วน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเคมีแบบย่อส่วน เป็นที่แพร่หลายในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก จากความร่วมมือของ UNESCO กับ IUPAC-CTC (Committee on Teaching of Chemistry) ได้เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาการทดลองในห้องเรียนโดยใช้ microchemistry และให้ความรู้กับครูผู้สอนวิชาเคมีจากประเทศต่าง ๆ พบว่ามีผู้ที่สนใจนำเทคนิคนี้ไปใช้ประมาณ 40 กว่าประเทศ (Bradley, 2001) สำหรับในประเทศไทยนั้น การทดลองเคมีแบบย่อส่วน ได้นำมาใช้ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ มากขึ้น เช่น ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีศูนย์ปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งได้ทำการออกแบบการทดลองต่าง ๆ ปัจจุบันภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์ได้นำเคมีย่อส่วนมาใช้ในปฏิบัติการเคมี เป็นจำนวนหลายการทดลอง ซึ่งประสบความสำเร็จอย่างมาก เพราะทั้งประหยัด สะอาดและปลอดภัย

เยี่ยมศิริ มณีพิสมัย (2548) ได้ออกแบบบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน จำนวน 5 บทปฏิบัติการได้แก่ เรื่อง สมดุลเคมี สมดุลการละลาย อินดิเคเตอร์ การไทเทรตกรด-เบส และไฟฟ้าเคมี และได้นำมาใช้กับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ใช้บทปฏิบัติการเคมีย่อส่วน และกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบทั่วไป พบว่านักศึกษาที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนมีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนเป็นส่วนใหญ่ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน เพลิดเพลินกับการทดลองได้ใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการทดลองเวลาที่ให้เหมาะสมกับบทปฏิบัติการ ขนาดและรูปแบบของอุปกรณ์มีความเหมาะสม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทปฏิบัติเคมีแบบย่อส่วน และบทปฏิบัติการเคมีที่ใช้โดยทั่วไปสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนช่วยให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับบทปฏิบัติการเคมีที่ใช้โดยทั่วไป ดังนั้นจึงควรส่งเสริม สนับสนุนให้มีการใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนอย่างแพร่หลายในการเรียนการสอนเคมีในสถาบันการศึกษาต่าง ๆ เพื่อ ลดงบประมาณในการซื้อสารเคมี วัสดุอุปกรณ์ ช่วยลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมีความปลอดภัย

Abdullah, Mohammad and Ismail (2007) ได้กล่าวว่าเคมีแบบย่อส่วนเป็นกระบวนการที่จัดการเกี่ยวกับปฏิบัติการเคมีที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ได้ดีเช่นเดียวกับปัญหาค่าใช้จ่ายในห้องปฏิบัติการที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก ลดปริมาณสารเคมี ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สำรวจเจตคติ แรงบันดาลใจที่มีต่อการทดลองเคมีก่อนและหลังใช้การทดลองเคมีแบบย่อส่วนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ทำการทดลอง 10 การทดลอง ในเวลา 8 สัปดาห์ พบว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ชอบที่จะทำการทดลองมากกว่าการดูครูสาธิต สนุกที่ได้สัมผัสอุปกรณ์การทดลอง สารเคมี และมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดหลักทางเคมี เมื่อได้ทำการทดลองเป็นรายบุคคล และยังเสนอให้เพิ่มเวลาในการเรียนการทดลองให้มากขึ้น

และได้รับรู้ว่าเคมีมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันนักเรียนส่วนใหญ่มีความชอบต่อการทดลองเคมีแบบย่อส่วน พวกเขากล่าวว่า สนุกที่ได้ทำการทดลอง สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ง่ายในการหยิบจับ สามารถกระตุ้นความสนใจต่อการทดลอง และยังเพิ่มความเข้าใจแนวคิดหลักทางเคมีอีกด้วย

Abdullah, Mohammad and Ismail (2008) ได้พัฒนาการทดลองเคมีแบบย่อส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในประเทศมาเลเซีย โดยออกแบบชุดการทดลองที่หลากหลาย ได้แก่ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา การเตรียมเอทานอล และเอสเทอร์ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน ปฏิกิริยาการดูดและการคายความร้อน และการเตรียมทำสบู่ ซึ่งเป็นการทดลองที่มีอยู่ในหลักสูตรในระดับมัธยมศึกษา แล้วนำมาปรับและพัฒนาให้เป็นการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เมื่อเปรียบเทียบการทดลองในแบบดั้งเดิมกับการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ในส่วนของปริมาณสารเคมีที่ใช้ ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้ในการทดลองเคมีแบบย่อส่วนโดยทั่วไปสามารถลดของเสียที่เกิดจากการทดลอง ร้อยละ 87 ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ร้อยละ 81 และประหยัดเวลาได้ถึงร้อยละ 50 แต่จากการเปรียบเทียบการทดลองแบบดั้งเดิม และการทดลองเคมีแบบย่อส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าการทดลองเคมีแบบย่อส่วนสามารถลดปริมาณของเสียได้ถึง ร้อยละ 88 ลดรายจ่ายในการซื้อสารเคมีได้ถึง ร้อยละ 87 และ ประหยัดเวลาได้ถึง ร้อยละ 66 และยังช่วยลดสารพิษรวมถึงการเกิดอุบัติเหตุจากเพลิงไหม้และการระเบิดได้

Zakaria, Latip and Tantayanon (2012) ได้นำการทดลองเคมีแบบย่อส่วน มาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการเคมีเนื่องจากการตัดงบประมาณของรัฐบาลมาเลเซียต่อมหาวิทยาลัยในประเทศ ทำให้ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัย Kebangsaan Malaysia ทั้งค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์การทดลอง เครื่องแก้ว สารเคมี และวัสดุอื่น ๆ แนวทางแก้ปัญหาคือ เพิ่มจำนวนนักศึกษาในแต่ละกลุ่มทดลองเป็นกลุ่มละ 4 คน และลดจำนวนบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ให้น้อยลง ทำให้คุณภาพในการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีลดลง สำหรับในห้องปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ ได้นำปฏิบัติการเคมีย่อส่วนมาใช้จำนวน 7 การทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อให้การเรียนการสอนได้ดำเนินต่อไปพบว่า การเรียนเคมีอินทรีย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มสามารถลดลงได้ถึงกลุ่มละ 2 คน และส่งเสริมให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติกันทุกคน จำนวนปฏิบัติการเคมีเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณสารเคมีที่ใช้ลดลง นักศึกษามีความตระหนักต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากการประหยัดการใช้สารเคมีและน้ำ จากการสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาเคมีอินทรีย์ ชั้นปีที่ 2 พบว่านักศึกษากว่า ร้อยละ 80 เห็นด้วยกับการใช้เคมีแบบย่อส่วนเป็นการเพิ่มความสนใจในการเรียนเคมี เวลาที่ใช้ในการเตรียมการทดลองลดลงเมื่อเทียบกับการทดลองแบบปกติ การทดลองสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและง่ายขึ้นและยังสามารถนำวัสดุที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันมาพัฒนาเพื่อเพิ่มความสนใจของนักศึกษาต่อการเรียนเคมีมากขึ้น

Mafumiko (2008) กล่าวถึงการปฏิบัติการทดลองในปัจจุบันเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรการเรียนเคมีแต่จำนวนการทดลองที่มากกับเวลาที่จำกัดในแต่ละภาคเรียนทำให้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการต้องทำงานอย่างหนัก ในการเตรียมการทดลอง และดูแลรักษา สารเคมี สำหรับโรงเรียน Chemical sciences ในมหาวิทยาลัย Dublin City University ได้รับการผลักดันให้มีการใช้ปฏิบัติการเคมีย่อส่วนในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งมีส่วนช่วยในกระบวนการกำจัดสารเคมีและมีความปลอดภัย จากการใช้การทดลองเคมีแบบย่อส่วน มีผลสะท้อนกลับมาจากผู้ที่เกี่ยวข้องหลายส่วน เช่น นักเรียนพูดว่า “เป็นเคมีสำหรับเด็ก” “ มีความท้าทาย”“สนุก”“รวดเร็วและง่าย” เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพูดว่า “มีความปลอดภัยมาก” “ของเสียลดลงอย่างไม่น่าเชื่อ” “งานของพวกเราลดลง” ครูเคมีและนักเคมี พูดว่า “มีทักษะเกิดขึ้นมากมาย” “มีความแม่นยำและเที่ยงตรง” “ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม” “ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย” “มีความปลอดภัย” และ “นักเรียนชอบการทดลองเคมีแบบย่อส่วน”

จะเห็นได้ว่าการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เป็นทางเลือกที่ดีในการที่จะจัดการกับปัญหาในห้องเรียนที่ขาดการทดลอง เนื่องจากสาเหตุที่ขาดแคลนอุปกรณ์ในการทดลอง สารเคมีมีราคาแพง การเตรียมการทดลองและขั้นตอนการทดลองใช้เวลามาก สารเคมีที่ใช้มีความเป็นพิษ และเกิดของเสียลงสู่สภาวะแวดล้อม ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับการสอนเคมีมานาน เนื่องจากการทดลองเคมีแบบย่อส่วนเป็นการทดลองที่ลดขนาดของการทดลอง จากการทดลองแบบเดิมที่ใช้อุปกรณ์ขนาดใหญ่ สารเคมีในปริมาณมาก มาเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก สารเคมีปริมาณน้อย ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถลดรายจ่ายในการซื้ออุปกรณ์และสารเคมี ลดเวลาในการเตรียมการทดลอง ขั้นตอนการทดลองและการจัดการหลังการทดลองได้มาก ลดการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างทำการทดลอง และลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้การทดลองเคมีแบบย่อส่วนเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดมลภาวะได้ดี อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสามารถหาได้ง่ายในชีวิตประจำวัน และผลสะท้อนจากนักเรียนต่างเห็นด้วยกับการใช้การทดลองเคมีแบบย่อส่วน ช่วยกระตุ้นความสนใจในการทดลอง สนุก ทำได้ง่าย รวดเร็ว มีความปลอดภัย ทำให้เข้าใจหลักการทางเคมีเพิ่มขึ้น และยังช่วยสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2.7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี

เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) ได้ศึกษาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์ จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 แห่งในจังหวัดจันทบุรี โดยใช้แบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบปรนัยและอัตนัยประกอบกัน โดยแบ่งเป็นสองตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามแบบเลือกตอบและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบด้วย ส่วนตอนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิด รวมทั้งสิ้น 10 ข้อ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีที่หลากหลาย และพบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในทุกแนวคิดย่อย ได้แก่ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล

ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล หลักเลอชาเตอลิเอ และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ผลวิจัยยังบ่งชีว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายยังประสบปัญหาด้านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีอยู่มาก โดยเฉพาะในเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเป็นแนวคิดที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม การที่จะทำความเข้าใจแนวคิดเหล่านี้ต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนเลือกที่จะเรียนรู้โดยการท่องจำแทนที่จะใช้ความเข้าใจ และอีกสาเหตุหนึ่งคือ นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานบางแนวคิด เช่น แนวคิดเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย แนวคิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมีอีกด้วย ดังนั้นผู้สอนเรื่องสมดุลเคมีควรตระหนักถึงความสำคัญของแนวคิดพื้นฐานเรื่องสมดุลเคมี และลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ เช่น ควรจัดกิจกรรมการทดลอง หรือใช้แบบจำลองในการเรียนรู้เรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี

วิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย (2553) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสำรวจมโนมติ แบบสำรวจประกอบการอธิบายเพิ่มเติม 11 ข้อ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบที่ดำเนินตามคำแนะนำของ FAR Guide แบบบันทึกการสังเกตชั้นเรียน แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ที่มีคำถามหลัก และคำถามสำรอง และแบบประเมิน ชิ้นงาน ผลงานของนักเรียน ดำเนินเก็บรวบรวมข้อมูลมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน ในระหว่างเรียนมีการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ รวบรวมผลงาน ชิ้นงานนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า วิธีการเปรียบเทียบตามแนวทาง FAR Guide มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมี ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นในบางมโนมติ แต่ยังพบอีกว่า นักเรียนยังมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในทุกมโนมติย่อย ในเรื่อง การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารก่อนและหลังเข้าสู่ภาวะสมดุล และหลักการของเลอชาเตอลิเอ ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าว อาจจะเกิดจากปัจจัยด้านภาษา เนื่องจากในแบบสำรวจมโนมติบางข้อนักเรียนเข้าใจความหมายไม่ถูกต้อง นักเรียนอธิบายเหตุผลไม่สื่อความหมาย

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน ประกอบด้วย 5 แนวคิดย่อย ได้แก่ ปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล หลักของเลอชาเตอลิเอ และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลระยะที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 แนวคิดดังกล่าวข้างต้น เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย แบบวัดแนวคิดเรื่อง

สมดุลเคมี แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี แบบสัมภาษณ์ นักเรียน และอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ผลการวิจัยในระยะแรกพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดบางส่วนใน 3 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ค่าคงที่สมดุล และปัจจัยความเข้มข้น อุณหภูมิ ที่มีผลต่อภาวะสมดุล เนื่องจากนักเรียนขาดแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับระบบ ภาวะสมดุล ความดัน ความเข้มข้น อุณหภูมิ และหลักของเลอชาเตอลิเอ รวมทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์อื่น ๆ กับแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีได้ นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะใน 2 แนวคิดย่อย ได้แก่ แนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ เช่นนักเรียนบางส่วนคิดว่า เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลจะพบสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ ในจำนวนที่เท่ากัน ส่วนผลการวิจัยในระยะที่ 2 หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์และแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นในทุกแนวคิด นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และค่าคงที่สมดุลเคมี และมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนในเรื่อง หลักของเลอชาเตอลิเอ ปัจจัยเรื่องความเข้มข้น ความดัน และอุณหภูมิที่มีผลต่อภาวะสมดุล เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ได้ส่งเสริมให้นักเรียนจัดกิจกรรมที่หลากหลาย ได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน กับเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนระหว่างกลุ่ม โดยใช้กระบวนการสร้างและแสดงออกแบบจำลอง ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่เน้นการเชื่อมโยงเคมีทั้งสามระดับ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทั้งในระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้

กัญชพร เครือคำ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2556) ได้ศึกษาความสามารถในการทำนาย สังเกต อธิบาย และการอภิปรายของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย และอภิปรายเรื่องสมดุลเคมีของโรงเรียนบุณฑริกวิทยาคาร จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสังเกตมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 71.61 โดยเนื้อหาที่ได้คะแนนการสังเกตมากที่สุดคือ เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และผันกลับไม่ได้ ส่วนความสามารถที่นักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุดคือ ขั้นอภิปราย คิดเป็นร้อยละ 35.67 โดยเนื้อหาที่ได้คะแนนการอภิปรายน้อยที่สุดคือ เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุล การจัดกระบวนการเรียนการสอนโดยวิธีนี้ เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยใช้คำถามกระตุ้น ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นทำการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไรอธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง วิเคราะห์หาสาเหตุและสรุปอภิปรายผลการทดลองและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ แล้วสามารถสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเอง สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ จะทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่องสมดุลเคมีที่สูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมี จะเห็นได้ว่าเนื้อหาเรื่องสมดุลเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่

คลาดเคลื่อนหลายมโนมติเช่น การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล หลักเลอชาเตอลิเอ และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม และมีผู้วิจัยหลายท่านได้มีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถให้นักเรียนมีมโนมติถูกต้องมากขึ้น มโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้หลายแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ การสร้างแบบจำลอง การใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิค ทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นสร้างความสนใจ แต่ยังไม่มีรายงานการวิจัยว่ามีการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและการเสริมกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่เรียนได้ในเป็นเวลานานยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 แบบแผนการวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนของการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเดียวและมีการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไปแล้ว 30 วัน (One group pretest, posttest and delayed posttest (time series) design ดังนี้

$$O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2 \rightarrow O_3 \qquad (3.1)$$

โดย X คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน

O_2 คือ การทดสอบหลังเรียน

O_3 คือ การทดสอบความคงทนของมโนมติ หลังจัดการเรียนรู้ผ่านไป 30 วัน

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 ห้องเรียน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนสตรียะลาจำนวน 151 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 35 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 18 คน รวมทั้งหมดจำนวน 53 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากร เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่เลือกน่าจะเป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มประชากรได้ เพราะกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนทั้งสามระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน

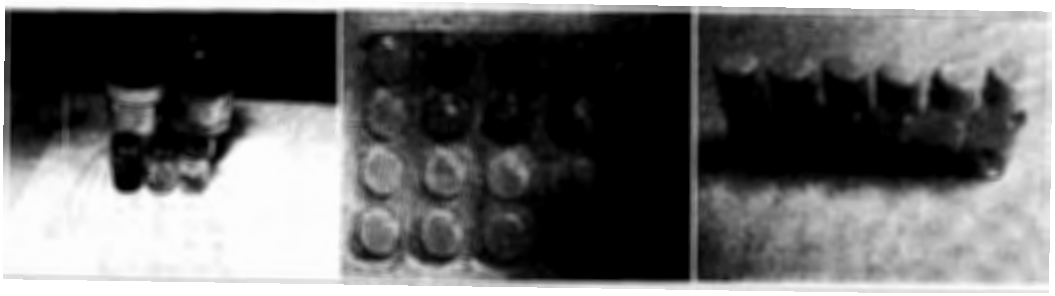
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ จำนวน 5 แผน 12 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.1) โดยมีรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

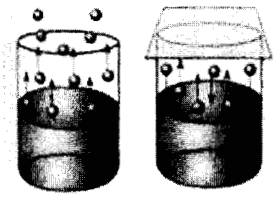
แผนการจัดการเรียนรู้	ชั่วโมงสอน	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	กิจกรรมPOE ในขั้นขยายความรู้
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	2	ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)	blue bottle reaction
2. การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	2	ภาวะสมดุลระหว่าง $Cr_2O_7^{2-}$ และ CrO_4^-	สมดุลไดนามิก
3. สมดุลในปฏิกิริยาเคมี	2	การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) และไอร์ออน (II) ไอออน (Fe^{2+})	ปฏิกิริยาระหว่าง $FeSO_4$และ $AgNO_3$
4. ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล	2	ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลระหว่าง Fe^{3+}และ SCN^-	ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของ $[Co(H_2O)_6]^{2+}$และ $[CoCl_4]^{2-}$
5. ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล	4	ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลระหว่าง N_2O_4 และ NO_2	- Carbonate soft drink - สมดุลระหว่าง $[Co(H_2O)_6]^{2+}$และ $[CoCl_4]^{2-}$
รวม	**12**		

กิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมด้วยการทดลองเคมีแบบย่อส่วน (small scale chemistry) โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 3 คน ใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่น ใช้ถาดลูกอมเป็นถาดหลุมพลาสติก ไม้จิ้มพลาสติกแทนแท่งแก้วคน และขวดขนาดเล็กสำหรับใส่สารเคมีและบรรจุแก๊ส เป็นต้น สารเคมีที่ใช้มีปริมาณน้อย ทำให้ช่วยลดปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้น สามารถป้องกันมลพิษ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้เวลาในขั้นเตรียมการทดลองและขั้นทดลองน้อยกว่าการทดลองแบบปกติมีความปลอดภัย ง่ายต่อการจัดการ ความแม่นยำและความถูกต้องของการทดลองเป็นที่ยอมรับได้ (Abdulloh et al., 2008)



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมีแบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น (2-tier multiple choice conceptual test) เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นตัวเลือกของคำตอบชนิด 2 และ 3 ตัวเลือก ส่วนที่สองเป็นเหตุผล 4 ตัวเลือก โดยผ่านความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เนื้อหาในแบบทดสอบประกอบด้วยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้นที่มีต่อภาวะสมดุล และผลของความดันและอุณหภูมิที่มีต่อภาวะสมดุล จำนวน 5, 5, 5, 5 และ 10 ข้อ ตามลำดับซึ่งมีค่าความยากง่าย (p) ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) 0.20-0.73 ความค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (KR-20) เท่ากับ 0.80 โดยข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ในช่วง 0.20-0.39, 0.40-0.59 และ 0.60-0.80 คิดเป็นร้อยละ 20.00, 68.00 และ 11.67 ตามลำดับ และข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (r) ในช่วง 0.20-0.39, 0.40-0.59 และ 0.60-0.73 คิดเป็นร้อยละ 46.67, 46.67 และ 6.67 ตามลำดับ



คำถาม: จากรูปเมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลวในภาชนะ ก และ ข ระบบในภาชนะใดที่เป็นสมดุลไดนามิก

ก. ภาชนะ ก ข. ภาชนะ ข

เหตุผล

1. ระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว
2. อัตราการระเหยของของเหลวมากกว่าอัตราการควบแน่น
3. อัตราการควบแน่นมากกว่าอัตราการระเหยของของเหลว
4. อัตราการระเหยของของเหลวเท่ากับอัตราการควบแน่น

ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างคำถามวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น 2 ตัวเลือก 4 เหตุผล

คำถาม: เมื่อนำสารละลาย $CuSO_4$ ละลายน้ำ ได้ $[Cu(H_2O)_4]^{2+}(aq)$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อน มาเติม กรด HCl สารละลายจะกลายเป็นสีเหลือง $[CuCl_4]^{2-}(aq)$ จากปฏิกิริยานี้ถ้าต้องการทราบว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่ ควรทำอย่างไร

ก. เติมน้ำ

ข. เติมกรด HCl

ค. เติม $CuSO_4$

เหตุผล

1. จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ได้สารละลาย $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อน
2. จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ได้สารละลาย $[CuCl_4]^{2-}$ ซึ่งมีสีเหลือง
3. จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ได้สารละลาย $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อน
4. จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ได้สารละลาย $[CuCl_4]^{2-}$ ซึ่งมีสีเหลือง

ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างคำถามวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น 3 ตัวเลือก 4 เหตุผล

3.3.3 แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้หลักในขั้นสำรวจและค้นหา และแบบบันทึกกิจกรรมด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

3.3.4 แบบบันทึกคะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนความสอดคล้องของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

3.4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้เรื่องสมดุลเคมี

มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.4.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การทดลองเคมีแบบย่อส่วนและเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

3.4.1.3 กำหนดผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหา ให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

3.4.1.4 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) โดยผู้สอนใช้กิจกรรมการทดลองในหนังสือเรียน รายวิชาเคมี เล่ม 3 แต่นำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์การทดลองขนาดเล็กที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่นใช้ถาดลูกอมเป็นถาดหลุมพลาสติก ไม้จิ้มพลาสติกแทนแท่งแก้วคนและขวดขนาดเล็กสำหรับใส่สารเคมีและบรรจุแก๊ส

3) สร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) โดยผู้สอนใช้กิจกรรมการทดลองอย่างง่ายด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คงทน

5) ขั้นการประเมินผล (Evaluation)

3.4.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องในเนื้อหา ภาษาและพิจารณาให้ข้อคิดเห็นแล้วนำมาปรับปรุง

3.4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามคำแนะนำ

3.4.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

1) แผนที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

1.1) ขั้นสร้างความสนใจอภิปรายการเปลี่ยนสถานะของน้ำในธรรมชาติ ยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เช่น การละลายของน้ำตาลทรายในน้ำร้อนจนสารละลายอิ่มตัว และถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่สามารถผันกลับได้หรือไม่

1.2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) สังเกตและบันทึกผลการทดลองโดยที่ครูคอยสังเกตการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีปัญหา

1.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง อภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย $CuSO_4$ และสารละลาย HCl ว่าเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้หรือไม่ สังเกตจากอะไร และสามารถเขียนสมการของปฏิกิริยาไปข้างหน้าและ

ย้อนกลับได้ พร้อมทั้งสามารถบอกความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาที่ผันกลับได้และปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้

1.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนทำกิจกรรม blue bottle reaction โดยใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายโดยให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองก่อน (ขั้นทำนาย) แล้วนักเรียนทำการทดลอง สังเกตผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง (ขั้นสังเกต) และอธิบายผลการทดลองว่าเหมือนหรือต่างกับที่ทำนายไว้ตอนแรก (ขั้นอธิบาย)

1.5) ขั้นประเมิน ประเมินนักเรียนทำแบบฝึกหัดสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง สังเกต บันทึกผล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและนำเสนอ ตรวจสอบการเขียนรายงานการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และตรวจสอบการเขียนแบบบันทึกกิจกรรม blue bottle reaction

2) แผนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

2.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูนำขวด 2 ใบ ใบหนึ่งใส่น้ำแต่ไม่มีฝาปิด อีกใบหนึ่งมีฝาปิดสนิทแล้วนำไปอุ่นประมาณ 5 นาทีให้นักเรียนสังเกตระดับของน้ำในขวดทั้งสองว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าน้ำในขวดไหนที่เกิดภาวะสมดุล และภาวะสมดุลมีลักษณะอย่างไร

2.2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง chromate-dichromate equilibrium สังเกตและบันทึกผลการทดลองโดยที่ครูคอยสังเกตการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีปัญหา

2.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง อภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองเรื่อง chromate-dichromate equilibrium และภาวะสมดุลซึ่งเป็นภาวะของระบบที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ ที่สมดุลจะมีสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดโดยทราบได้จากการตรวจสอบไอออนที่มีในสารละลาย

2.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนทำกิจกรรม Dynamic equilibrium ใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองก่อน (ขั้นทำนาย) แล้วนักเรียนทำการทดลอง สังเกตผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง (ขั้นสังเกต) และอธิบายผลการทดลองว่าเหมือนหรือต่างกับที่ทำนายไว้ตอนแรก (ขั้นอธิบาย)

2.5) ขั้นประเมิน ประเมินนักเรียนทำแบบฝึกหัดสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง สังเกต บันทึกผล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและนำเสนอ ตรวจสอบการเขียน

รายงานการทดลองเรื่อง chromate-dichromate equilibrium และตรวจสอบการเขียนแบบบันทึกกิจกรรม Dynamic equilibrium

3) แผนที่ 3 สมดุลในปฏิกิริยาเคมี

3.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูให้นักเรียนดูวีดิโอ การเกิดปฏิกิริยาระหว่าง $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ และถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยานี้มีภาวะสมดุลเกิดขึ้นหรือไม่ และนักเรียนจะมีวิธีทดสอบอย่างไร

3.2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการทดสอบภาวะสมดุลระหว่าง ไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) และไอร์ออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) สังเกตและบันทึกผลการทดลองโดยที่ครูคอยสังเกตการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีปัญหา

3.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง อภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองนักเรียนทราบวิธีที่จะทดสอบไอออนแต่ละชนิดในภาวะสมดุลได้

3.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนทำกิจกรรม ปฏิกิริยาระหว่าง $FeSO_4$ และ $AgNO_3$ ใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองก่อน (ขั้นทำนาย) แล้วนักเรียนทำการทดลอง สังเกตผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง (ขั้นสังเกต) และอธิบายผลการทดลองว่าเหมือนหรือต่างกับที่ทำนายไว้ตอนแรก (ขั้นอธิบาย)

3.5) ขั้นประเมิน ประเมินนักเรียนทำแบบฝึกหัดสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง สังเกต บันทึกผล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและนำเสนอ ตรวจสอบการเขียนรายงานการทดลองเรื่องการทดสอบภาวะสมดุลระหว่าง ไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) และไอร์ออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และตรวจสอบการเขียนแบบบันทึกกิจกรรม ปฏิกิริยาระหว่าง $FeSO_4$ และ $AgNO_3$

4) แผนที่ 4 ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล

4.1) ขั้นสร้างความสนใจครูยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การชงกาแฟ เพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน โดยถามนักเรียนนักเรียนคิดว่าถ้าต้องการให้กาแฟมีรสขม นักเรียนจะใส่อะไรเยอะที่สุด ถ้าต้องการให้กาแฟมีรสหวาน นักเรียนจะใส่อะไรเยอะที่สุด ความเข้มข้นของกาแฟหรือน้ำตาลที่ใส่ มีผลต่อรสชาติของกาแฟหรือไม่ เชื่อมโยงกับภาวะสมดุล ถ้าเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะมีผลอย่างไรต่อภาวะสมดุล

4.2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการเปลี่ยนความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ระหว่าง Fe^{3+} และ SCN^- สังเกตและบันทึกผลการทดลองโดยที่ครูคอยสังเกตการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีปัญหา

4.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง อภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นทำให้ภาวะสมดุลเปลี่ยนไป เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล จะแตกต่างจากความเข้มข้นเดิมที่ภาวะสมดุล

4.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนทำกิจกรรม สมดุลเคมีระหว่าง $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ และ $[CoCl_4]^{2-}$ ใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองก่อน (ขั้นทำนาย) แล้วนักเรียนทำการทดลอง สังเกตผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง (ขั้นสังเกต) และอธิบายผลการทดลองว่าเหมือนหรือต่างกับที่ทำนายไว้ตอนแรก (ขั้นอธิบาย)

4.5) ขั้นประเมิน ประเมินนักเรียนทำแบบฝึกหัดสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง สังเกต บันทึกผล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและนำเสนอ ตรวจสอบการเขียนรายงานการทดลองการเปลี่ยนความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ระหว่าง Fe^{3+}และ SCN^- และตรวจสอบการเขียนแบบบันทึกกิจกรรม ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของ $[Co(H_2O)_6]^{2+}$และ $[CoCl_4]^{2-}$

5) แผนที่ 5 ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

5.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูนำน้ำแข็งน้ำแข็ง 1 ก้อน ใส่ไว้ในขวดแก้วที่มีฝาปิดวางบนโต๊ะให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า ถ้าวางน้ำแข็งไว้ประมาณ 10 นาที จะเกิดอะไรขึ้น หลังจากนั้นเชื่อมโยงสู่ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี โดยถามนักเรียนต่อว่า นักเรียนคิดว่าถ้าเปลี่ยนความดันและอุณหภูมิจะมีผลต่อภาวะสมดุลหรือไม่ อย่างไร

5.2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการศึกษาผลของความดันและอุณหภูมิที่มีต่อภาวะสมดุลระหว่าง N_2O_4 และ NO_2 สังเกตและบันทึกผลการทดลองโดยที่ครูคอยสังเกตการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีปัญหา

5.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง อภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลอง ว่าความดันและอุณหภูมิมีผลต่อภาวะสมดุลอย่างไรบ้าง

5.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนทำกิจกรรม Carbonate softdrink และกิจกรรมสมดุลระหว่าง $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ และ $[CoCl_4]^{2-}$ โดยใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายโดยให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองก่อน (ขั้นทำนาย) แล้วนักเรียนทำการทดลอง สังเกตผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง (ขั้นสังเกต) และอธิบายผลการทดลองว่าเหมือนหรือต่างกับที่ทำนายไว้ตอนแรก (ขั้นอธิบาย)

5.5) ขั้นประเมิน ประเมินนักเรียนจากทำแบบฝึกหัดสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ปฏิบัติการ

ทดลอง สังเกต บันทึกผล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและนำเสนอ ตรวจสอบการเขียนรายงานการทดลอง การศึกษาผลของความดันและอุณหภูมิที่มีต่อภาวะสมดุลระหว่าง N_2O_4 และ NO_2 และตรวจสอบการเขียนแบบบันทึกกิจกรรม Carbonate softdrink และ กิจกรรมสมดุลระหว่าง $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ และ $[CoCl_4]^{2-}$

3.4.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี

แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น (2-tier multiple choice conceptual test) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องการประเมินผลการเรียนรู้ การสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น

3.4.2.2 วิเคราะห์เนื้อหาเรื่อง สมดุลเคมี ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบแล้วสร้างตารางวิเคราะห์จำนวนข้อสอบขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3.2

3.4.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมีจำนวน 40 ข้อ ให้มีข้อสอบในระดับความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ตาม Bloom's Taxonomy แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น (2-tier multiple choice conceptual test) จำนวน 40 ข้อ โดยแบบทดสอบประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็น 2 และ 3 ตัวเลือก ส่วนที่สองเป็นเหตุผลมี 4 ตัวเลือก

3.4.2.4 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และความเหมาะสมของภาษา หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ซึ่งแสดงว่าจุดประสงค์การเรียนรู้นั้นวัดได้ครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนน -1 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.4.2.5 นำแบบทดสอบที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 40 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรียะลา กลุ่มที่ 1 ที่เคยเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 30 คน โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบ 90 นาที

3.4.2.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ใช้แบบทดสอบมาวิเคราะห์ เพื่อหาค่าดัชนีความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบรายข้อ แล้วเลือกข้อสอบที่มีระดับความยาก (p) ตั้งแต่ 0.2-0.80 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.25-0.73

3.4.2.7 นำข้อสอบที่เลือกแล้วจำนวน 30 ข้อไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรียะลา กลุ่มที่ 2 ที่เคยเรียนเรื่อง สมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 30 คน อีกครั้งกับเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.80

3.4.2.8 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 การแจกแจงแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี

เรื่อง	ชั่วโมงสอน	ตัวชี้วัด			จำนวนข้อสอบ	
		ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ที่ต้องการ	ที่ออก
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	2	3	1	1	5	5
2. การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	2	3	1	1	5	5
3. สมดุลในปฏิกิริยาเคมี	2	1	1	3	5	5
4. ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล	2	-	1	4	5	5
5. ผลของความดันและอุณหภูมิภาวะสมดุล	4	2	1	7	10	10
รวม	12	9	5	16	30	30
ร้อยละ		**30.00**	**16.67**	**53.33**	**100.00**	**100.00**

3.5 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และ 5/7 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสตรียะลา จำนวน 53 คน

3.5.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ในกลุ่มตัวอย่างโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 90 นาที

3.5.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ตามแผนการเรียนรู้ที่สร้างไว้ 5 แผน รวมเวลาเรียน 12 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

3.5.3 ทดสอบหลังเรียน (Post-test) ในกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ชุดเดิม แต่มีการสลับข้อคำถามและตัวเลือก ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 90 นาที

3.5.4 เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน ทดสอบหลังเรียนอีกครั้ง ในกลุ่มตัวอย่างโดยให้นักเรียนทำแบบแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สมดุลเคมี ชุดเดิม จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 90 นาที

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติเรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบ และนำคำตอบที่ได้มาจัดจำแนกกลุ่มตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มโนมติถูกต้อง (Good conception) มโนมติคลาดเคลื่อนหรือมโนมติทางเลือก (Alternative conceptions) และมีมโนมติผิด (Misconception) (ปรับปรุงจาก Marek et al., 1990) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น

มโนมติ	เกณฑ์ที่ใช้	คะแนน
มโนมติถูกต้อง (Good conception)	ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ ตอบถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผล	2 คะแนน
มโนมติคลาดเคลื่อนหรือ มโนมติทางเลือก (Alternative conceptions)	ถูกต้องเป็นบางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์ ตอบตัวเลือกถูก แต่เหตุผลผิด หรือตัวเลือกผิด แต่เหตุผลถูก	1 คะแนน
มโนมติผิด (Misconception)	ไม่เข้าใจหรือเข้าใจผิดมาก ตอบผิดทั้งตัวเลือกและเหตุผล	0 คะแนน

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.2.1 เปรียบเทียบคะแนนวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

3.6.2.2 เปรียบเทียบระหว่างคะแนนหลังเรียนและคะแนนความคงทนของมโนมติในกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

3.6.2.3 เปรียบเทียบร้อยละของมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในกลุ่มตัวอย่าง โดยจำแนกเป็นมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด โดยใช้สถิติค่าร้อยละ

บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ครั้งนี้แสดงผลการวิจัยและอภิปรายผลดังนี้

4.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple choice conceptual test) จำนวน 30 ข้อ ดังนี้

4.1.1 การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลเคมี แบบทั้งชั้นเรียน

จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี และวิเคราะห์คะแนนทางสถิติค่าที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนมติก่อนเรียน คะแนนมโนมติหลังเรียนและคะแนนความคงทนของมโนมติ ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent samples t-test) ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนหลังเรียนและความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลเคมี (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

คะแนนมโนมติ	Mean	SD	ผลต่างค่าเฉลี่ย (SD)	t	p
ก่อนเรียน	22.23	4.13	14.07 (7.37)	13.90	.000*
หลังเรียน	36.30	5.61			
			0.21 (7.29)	0.21	.084
คงทน	36.51	9.20			

หมายเหตุ: * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากการวิเคราะห์คะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนความคงทนของมโนมติ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 22.23 (SD 4.13) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 36.30 (SD 7.13) โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 14.07 คะแนน คิดเป็นร้อยละความก้าวหน้าเท่ากับ 23.47 เมื่อศึกษาความคงทนของมโนมติหลังจากเวลาผ่านไป 30 วัน พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนของมโนมติเฉลี่ยเป็น 36.51 (SD 9.20) จากการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนมโนมติหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนความคงทนของมโนมติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.1.2 การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลเคมี แบบรายเนื้อหา

เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องสมดุลเคมีทั้งหมด 5 เรื่อง ได้แก่ เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้นที่มีต่อภาวะสมดุลและผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล ซึ่งคะแนนที่ได้ประเมินโดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนคือ ถ้าตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผลได้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกเฉพาะตัวเลือกหรือเหตุผลเพียงส่วนเดียวได้ 1 คะแนนและถ้าตอบผิดทั้งตัวเลือกและเหตุผล ได้ 0 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนและผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี

เนื้อหา (คะแนน)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ร้อยละก้าวหน้า	t-test	
	mean	SD	ร้อยละ	mean	SD	ร้อยละ		t	p
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (10)	2.98	1.67	29.80	6.66	1.89	66.60	36.80	10.45	0.00*
2. การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล (10)	3.70	1.17	37.00	5.91	1.80	59.10	22.10	7.66	0.00*
3. สมดุลในปฏิกิริยาเคมี (10)	3.60	1.59	36.00	5.02	1.63	50.20	14.20	4.87	0.00*
4. ผลของความเข้มข้นต่อต่อภาวะสมดุล (10)	3.89	1.42	38.90	6.51	2.16	65.10	26.20	7.10	0.00*

ตารางที่ 4.2 คะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนและผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี (ต่อ)

เนื้อหา (คะแนน)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ร้อยละก้าวหน้า	t-test	
	mean	SD	ร้อยละ	mean	SD	ร้อยละ		t	p
5. ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล (20)	8.06	2.44	40.30	12.21	3.59	61.05	20.75	7.07	0.00*
รวม	22.23	4.13	37.05	36.30	7.13	60.52	23.47	13.90	0.00*

หมายเหตุ: *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า $p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องสมดุลเคมี พบว่านักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน ในเนื้อหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้น้อยที่สุด ทั้งนี้นักเรียนยังไม่เคยรู้จักปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ และนักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนสูงในเนื้อหาเรื่องผลของความเข้มข้นที่มีต่อภาวะสมดุล และผลของความดันและอุณหภูมิที่มีต่อภาวะสมดุล เนื่องจากนักเรียนอาจจะมีความรู้พื้นฐานเรื่องผลของความเข้มข้นที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และผลของอุณหภูมิที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นเนื้อหาเคมีที่ได้เรียนรู้แล้วในภาคเรียนที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จึงทำให้นักเรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้นักเรียนคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนสูงกว่ามโนมติอื่น ๆ

หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกเนื้อหาโดยเนื้อหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้มีร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงสุด (66.60) และมีร้อยละความก้าวหน้าสูงสุดคือ 36.80 เนื่องจากแบบทดสอบเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เป็นแบบทดสอบที่ง่าย ไม่ซับซ้อนเกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าสูงสุด นักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนต่ำสุดคือ เนื้อหาเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี (50.20) และมีร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุดคือ 14.20 เนื่องจากแบบทดสอบในเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีมีความซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมี จึงจะตอบคำถามได้ถูกต้อง ทำให้นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุด เมื่อพิจารณาแยกตามเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมีพบว่า

ทุกเนื้อหานักเรียนมีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.3 คะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนและความคงทนของมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี

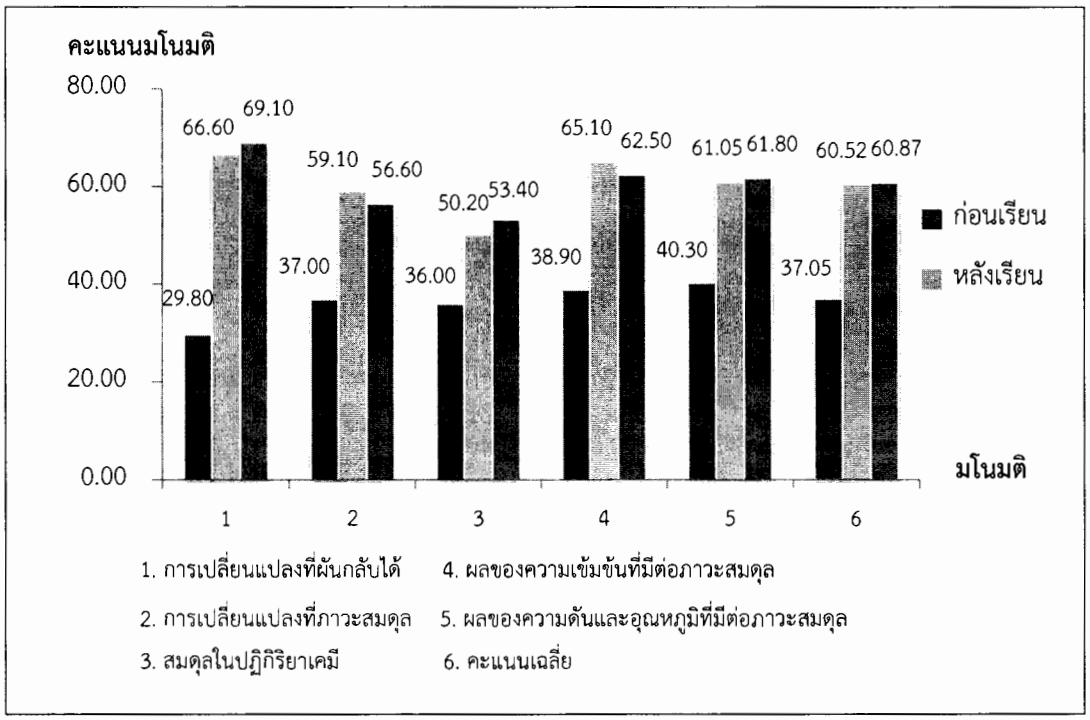
เนื้อหา (คะแนน)	หลังเรียน			หลังเรียน 30 วัน			ร้อยละ ก้าวหน้า	t-test		ความคงทน
	mean	SD	ร้อยละ	mean	SD	ร้อยละ		t	p	
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (10)	6.66	1.89	66.60	6.91	1.85	69.10	2.50	0.81	0.42*	คงทน
2. การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล (10)	5.91	1.80	59.10	5.66	1.86	56.60	-2.50	0.79	0.43*	คงทน
3. สมดุลในปฏิกิริยาเคมี (10)	5.02	1.63	50.20	5.34	1.85	53.40	3.20	1.09	0.28*	คงทน
4. ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล (10)	6.51	2.16	65.10	6.25	2.53	62.50	-2.60	0.73	0.47*	คงทน
5.ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล (20)	12.21	3.59	61.05	12.36	3.55	61.80	0.75	0.29	0.77*	คงทน
รวม	36.30	7.13	60.52	36.51	9.20	60.87	0.35	0.21	0.84*	คงทน

หมายเหตุ: * ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า p <0.05)

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนและความคงทนของมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนมติเฉลี่ยหลังเรียน 36.30 (SD 7.13) ไม่แตกต่างกันกับคะแนนความคงทนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติ 36.50 (SD 9.20) นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าของคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติสูงที่สุดคือ มโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี 3.20 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องนี้ คือ กิจกรรมการทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) และไอร์ออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) ในขั้นสำรวจและค้นหา และกิจกรรมปฏิกิริยาระหว่าง $FeSO_4$ และ $AgNO_3$ ในขั้นขยายความรู้ เป็นกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีได้ดี และเนื้อหาที่นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าของคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติต่ำที่สุดคือมโนมติ เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลเท่ากับ -0.25 แสดงว่าควรปรับกิจกรรม ภาวะสมดุลระหว่าง $Cr_2O_7^{2-}$ และ CrO_4^- ในขั้นสำรวจและค้นหา และกิจกรรมสมดุลไดนามิกในขั้นขยายความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถจินตนาการการเปลี่ยนแปลงของสารที่ภาวะสมดุลในระดับโมเลกุลได้ เช่น การใช้สื่อแอนนิเมชั่น วาดภาพ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติที่เรียนได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 0.35 แสดงว่าคะแนนมโนมติหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติ

จากคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คะแนนหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนความคงทนของมโนมติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มโนมติวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังภาพที่ 4.1 สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น สามารถพัฒนาคะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนให้สูงกว่าก่อนเรียนได้ (พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2556; พัลยมน เย็นสมุทร และเสนอ ชัยรัยม์, 2557) ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นเป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องมีการสืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนนักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลาง ให้เข้าใจมโนมติได้ดีขึ้น (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) อีกทั้งการเสริมกิจกรรมการทดลองด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ช่วยเพิ่มความเข้าใจให้กับนักเรียนมากขึ้น เนื่องจากเป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยใช้คำถามกระตุ้น ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่าผลที่

เกิดขึ้นเป็นอย่างไร อธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ แล้วสามารถสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเอง (กัญชพร เครือคำ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2556)



ภาพที่ 4.1 ร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนมติเรื่องสมดุลเคมี

4.2 มโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด เรื่องสมดุลเคมี

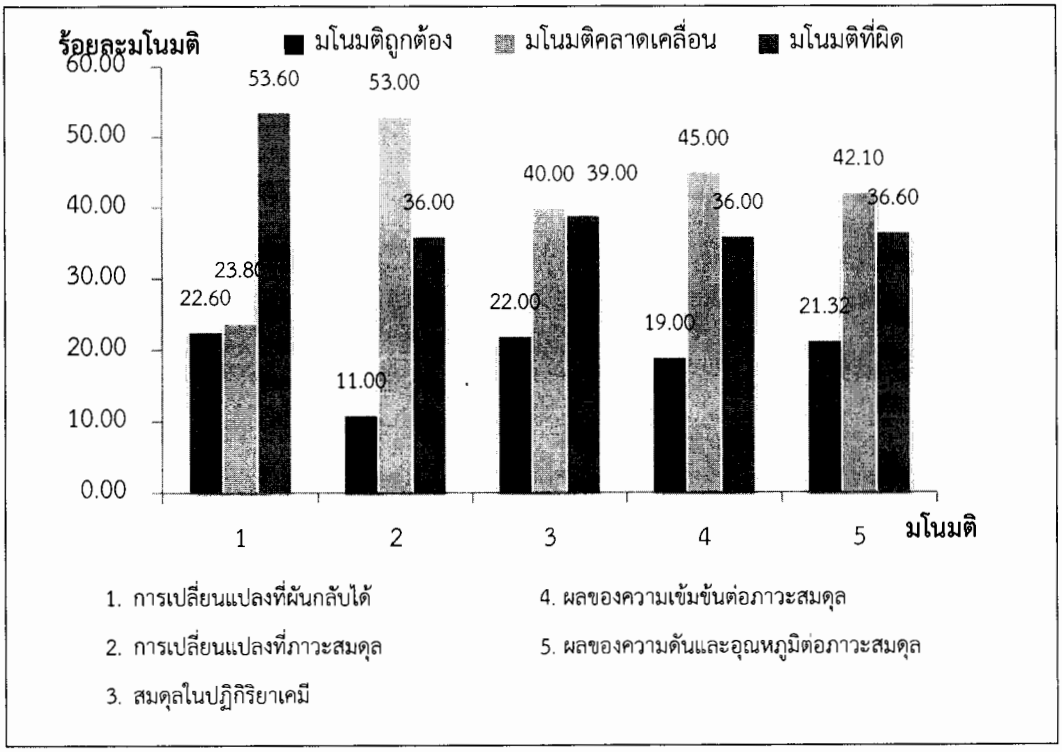
จากการจำแนกข้อสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ออกเป็นเนื้อหาย่อย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล และประเมินโดยใช้หลักเกณฑ์ว่า ถ้านักเรียนตอบข้อสอบแต่ละข้อถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนมติถูกต้อง (Good conception: GC) ถ้าถูกเฉพาะตัวเลือกหรือเหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception: AC) และถ้าผิดทั้งตัวเลือกและเหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนมติผิด (Misconception: MC) สามารถหาร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ในเรื่องสมดุลเคมี ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดเรื่องสมดุลเคมี

เนื้อหา (คะแนน)	ร้อยละของมโนมติ								
	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ความคงทน		
	GC	AC	MC	GC	AC	MC	GC	AC	MC
1.การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (10)	22.60	23.80	53.60	58.00	18.00	24.00	57.00	23.00	19.00
2.การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล (10)	11.00	53.00	36.00	44.00	33.00	24.00	31.00	52.00	17.00
3. สมดุลในปฏิกิริยาเคมี (10)	22.00	40.00	39.00	35.00	30.00	35.00	42.00	30.00	28.00
4. ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล (10)	19.00	45.00	36.00	52.00	26.00	22.00	52.00	22.00	25.00
5. ผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล (20)	21.32	42.10	36.60	46.20	30.40	23.40	48.90	26.20	24.90
เฉลี่ยทั้ง 5 เนื้อหา	19.18	40.78	40.24	47.04	27.48	25.68	46.18	30.64	22.78

4.2.1 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ก่อนเรียน

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียนพบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องสูงสุด 22.60 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด 53.00 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติผิดสูงสุด 53.60 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ดังภาพที่ 4.2

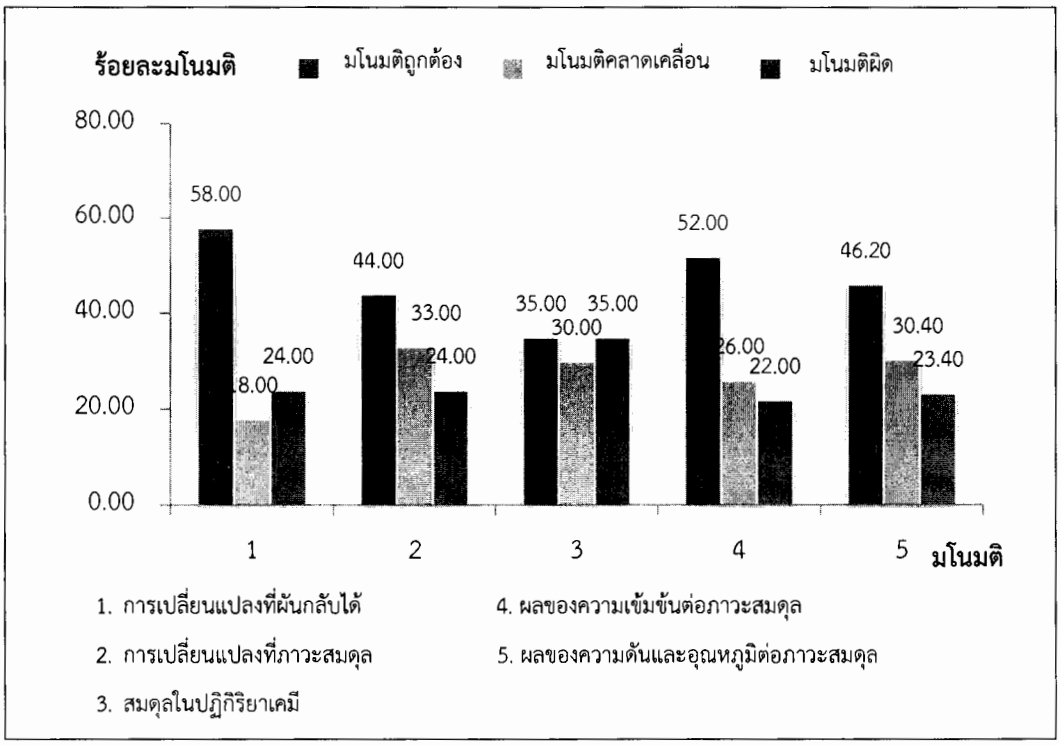


ภาพที่ 4.2 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดก่อนเรียน

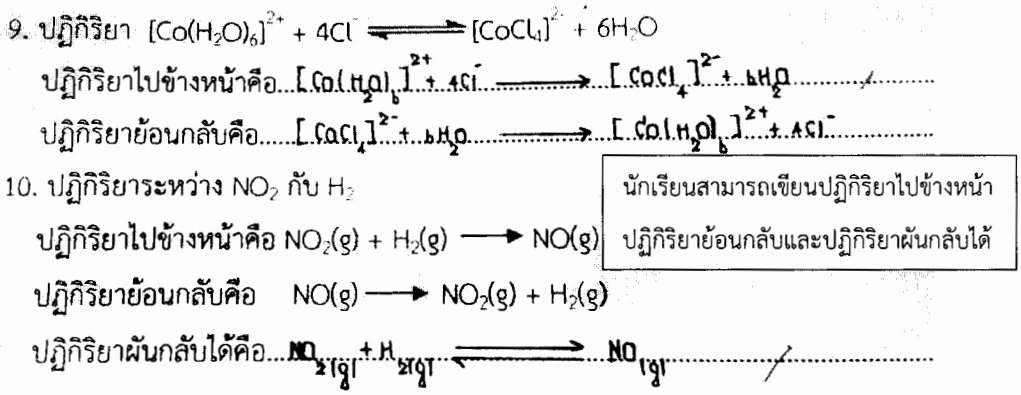
4.2.2 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด หลังเรียน

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติหลังเรียนพบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องสูงสุด 58.00 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด 33.00 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติผิดสูงสุด 35.00 คือ มโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ดังภาพที่ 4.3

เหตุผลที่มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ นักเรียนมีร้อยละมโนมติถูกต้องมาก เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เป็นกิจกรรมที่ทำได้ง่าย สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับได้อย่างชัดเจนโดยการสังเกตสีของสารละลาย ถ้านักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับและสามารถเขียนสมการเคมีได้ ดังภาพที่ 4.4 นักเรียนจะสามารถเข้าใจมโนมติในเรื่องนี้ได้ดี อีกทั้งกิจกรรมในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ทั้งกิจกรรมหลักและกิจกรรมในขั้นขยายความรู้เป็นกิจกรรมที่ทำได้ง่าย สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับได้อย่างชัดเจน จึงทำให้นักเรียนมีร้อยละมีร้อยละมโนมติถูกต้องมากที่สุด



ภาพที่ 4.3 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดหลังเรียน

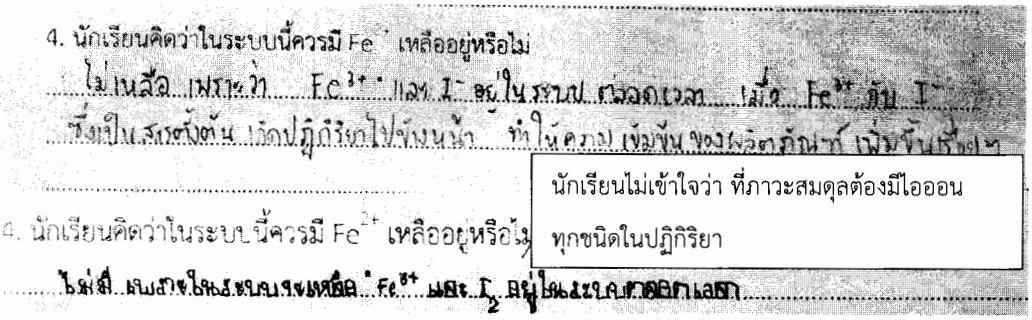


ภาพที่ 4.4 การเขียนปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับและปฏิกิริยาผันกลับได้ของนักเรียน

สำหรับเนื้อหาที่นักเรียนมีมโนมติมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมากคือ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล มีมโนมติคลาดเคลื่อนเป็นร้อยละ 33.00 เป็นเนื้อหาที่นักเรียนได้เริ่มรู้จักกับคำว่าภาวะสมดุล นักเรียนจะต้องจินตนาการถึงภาวะสมดุลว่าเป็นภาวะของระบบที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ โดยเฉพาะสมดุลไดนามิกที่ภาวะสมดุลของระบบมิได้หยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนไปข้างหน้าและย้อนกลับตลอดเวลา ซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจ นักเรียนมองไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดลอง แม้กิจกรรมในขั้นขยายความรู้มีการจำลองสมดุล

ไดนามิกโดยการถ่ายเทน้ำด้วยแก้วพลาสติกที่มีขนาดต่างกันจากสองบีกเกอร์ใหญ่ไปมาตลอดเวลาจนระดับในแก้วทั้งสองเท่ากัน เปรียบเสมือนปฏิกิริยาเคมีที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ แต่ยังไม่ชัดเจน จึงทำนักเรียนยังมีมโนมติคลาดเคลื่อนมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของเยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550); วิทยา ภาชื่น (2553) ที่รายงานว่า นักเรียนเข้าใจว่า เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น นักเรียนส่วนมากไม่เข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภาวะสมดุลและสมดุลไดนามิก (Bergquist and Heikkinen ,1990; เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550)

สำหรับเนื้อหาเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดมาก ซึ่งมีมโนมติคลาดเคลื่อนเป็นร้อยละ 30.00 และมีมโนมติผิดร้อยละ 35.00 เพราะเป็นเนื้อหาที่ต่อเนื่องกันและเนื้อหาเรื่องนี้เริ่มมีความยากและค่อนข้างเป็นนามธรรมต้องใช้จินตนาการมากขึ้น การที่จะทราบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเข้าสู่ภาวะสมดุลหรือไม่นั้น จำเป็นต้องตรวจสอบโดยการทดสอบไอออนในสารละลาย ยากต่อการทำความเข้าใจและจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมีเพื่อที่จะทราบว่าไอออนในปฏิกิริยาสามารถทำปฏิกิริยากับสารใดได้บ้างและให้ผลเป็นอย่างไร ซึ่งนักเรียนค่อนข้างจะมีความรู้พื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมีน้อยจึงส่งผลให้มโนมติคลาดเคลื่อนผิดและมาก เช่น จากกิจกรรมทดสอบภาวะสมดุลระหว่าง Fe^{3+} และ Fe^{2+} ดังปฏิกิริยา $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \rightleftharpoons 2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq)$ เมื่อถามว่า เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล จะมี Fe^{2+} เหลืออีกหรือไม่ นักเรียนตอบว่า ในระบบไม่มี Fe^{2+} เหลืออยู่ เพราะ Fe^{3+}และ I^{-} อยู่ในระบบตลอดเวลาและบางส่วนเข้าใจว่า ในระบบควรจะเหลือ Fe^{3+} และ I_2 ซึ่งเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากในภาวะสมดุลควรจะมีไอออนทุกชนิดเหลืออยู่ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.5 มโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

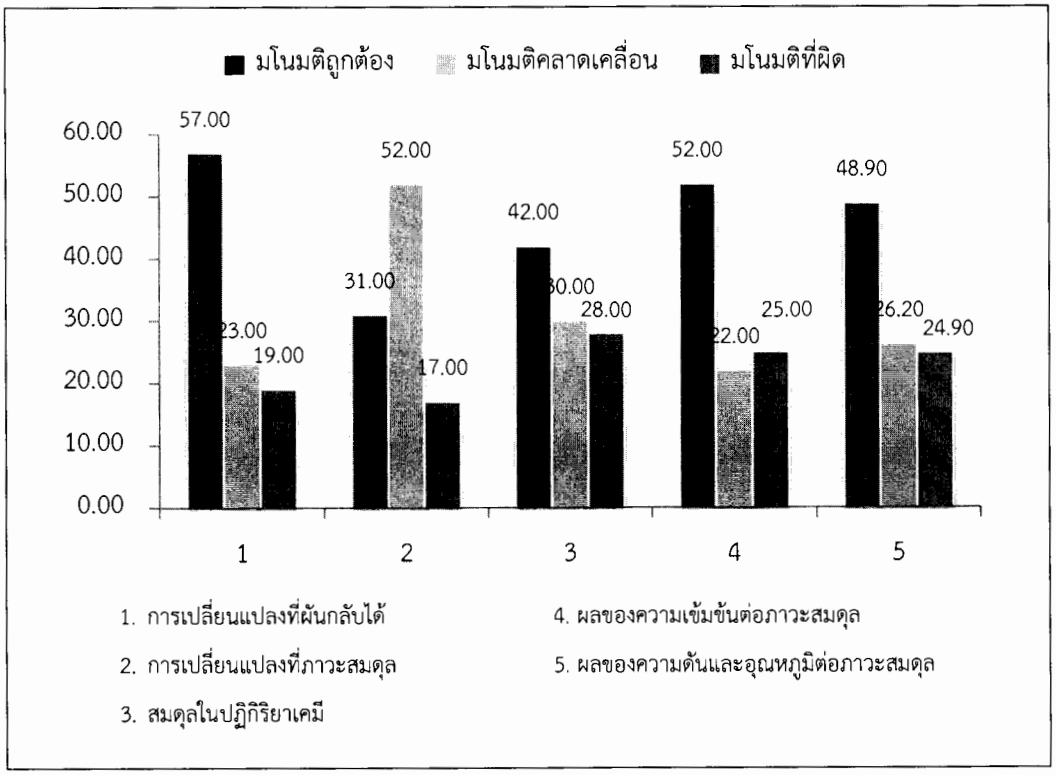
การที่นักเรียนไม่เข้าใจมโนมติในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล จะทำให้นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนหรือผิดในเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีได้ เนื่องจากมโนมติต่าง ๆ ในวิชาเคมีมักจะเกี่ยวเนื่องกันและกัน โดยมโนมติก่อนเรียนจะเป็นพื้นฐานของมโนมติในเรื่องถัดไป (วราภรณ์ ถิรสิริ,

2542) และมโนมติเรื่องสมดุลเคมีเป็นมโนมติที่ยากสำหรับการเรียนรู้เคมีของนักเรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา (Vandrielang Grabber, 2002) จึงทำให้นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อน สอดคล้องกับงานวิจัยของเยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) ที่พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายยังประสบปัญหาด้านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีอยู่มาก โดยเฉพาะเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นมโนมติที่ค่อนข้างยาก การที่จะทำความเข้าใจมโนมติเหล่านี้นักเรียนจำเป็นต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนส่วนหนึ่งเลือกที่จะเรียนรู้โดยการท่องจำแทนการทำความเข้าใจ และนักเรียนไม่เข้าใจมโนมติขั้นพื้นฐานบางมโนมติ เช่น มโนมติเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย ปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติคลาดเคลื่อนเรื่อง สมดุลเคมีอีกด้วย

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนทั้งสองเนื้อหา คือ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลและสมดุลในปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วนักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดมาก โดยการเสริมกิจกรรมที่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เช่น ใช้สื่อแอนนิเมชั่น วิดีโอ แบบจำลอง หรือวาดภาพ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลในระดับโมเลกุลและนักเรียนมีมโนมติเรื่องเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลและสมดุลในปฏิกิริยาเคมีถูกต้องมากขึ้น

4.2.3 ร้อยละมโนมติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด หลังเรียน 30 วัน

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติหลังเรียน 30 วัน พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องสูงสุด 57.00 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด 52.00 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติผิดสูงสุด 28.00 คือ มโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ดังภาพที่ 4.6



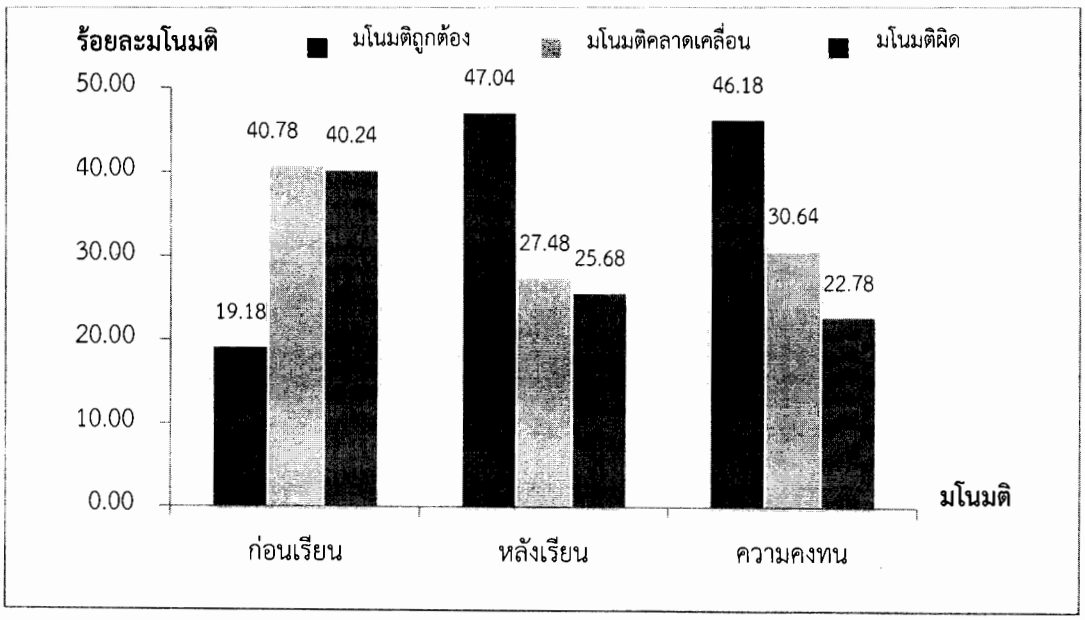
ภาพที่ 4.6 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดหลังเรียน 30 วัน

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนมติ สังเกตได้จากนักเรียนมีร้อยละมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สามารถช่วยลดมโนมติที่คลาดเคลื่อนและผิดได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Supasorn and Promarak (2015); Supasorn (2015) ที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและไฟฟ้าเคมีได้เป็นอย่างดี

เมื่อพิจารณาร้อยละมโนมติเฉลี่ยแล้วพบว่า นักเรียนมีมโนมติหลังเรียนถูกต้องเพิ่มมากขึ้นเป็น 47.04 จากมโนมติถูกต้องก่อนเรียน 19.18 และมีความคงทนของมโนมติถูกต้องเฉลี่ยเป็น 46.18 ดังภาพที่ 4.7 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจและท้าทายความสามารถของนักเรียนในทุกขั้นตอนของกิจกรรม สามารถเพิ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (Supasorn, 2015; Green et al., 2004) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการ วางแผนและ

ออกแบบวิธีการในการแสวงหาความรู้ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง จากขั้นสร้างความสนใจที่มีการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็นโดยการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด ในการกำหนดประเด็นปัญหาที่จะเชื่อมโยงไปสู่ขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งนักเรียนจะได้ช่วยกันระดมสมองในการวางแผนปฏิบัติการทดลอง ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) โดยที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกคอยแนะนำนักเรียนตลอดกิจกรรมการเรียนรู้ (Deters, 2005)

การจัดกิจกรรม ทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในประเมินความเข้าใจมโนมติของนักเรียนที่มีอยู่เดิมและส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียน (Sasen, 2013; White and Gunstone, 1992) โดยการนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นพร้อมทั้งให้เหตุผล หลังจากนั้นนักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวและขั้นสุดท้ายนักเรียนอภิปรายสิ่งที่เกิดขึ้นและอธิบายความแตกต่างระหว่างสิ่งที่นักเรียนทำนายและสิ่งที่ได้จากการสังเกต (Sasen, 2013) โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ที่นักเรียนมีอยู่และศึกษาค้นคว้า หาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อตอบคำถาม จนนักเรียนสามารถเข้าใจและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้กิจกรรม ทำนาย-สังเกต-อธิบาย ยังช่วยให้นักเรียนมีความรู้ที่คงทน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เป็นเวลานาน (Costu, 2012) วิธีการนี้จึงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องมากขึ้น มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดน้อยลงและสามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มโนมติวิทยาศาสตร์



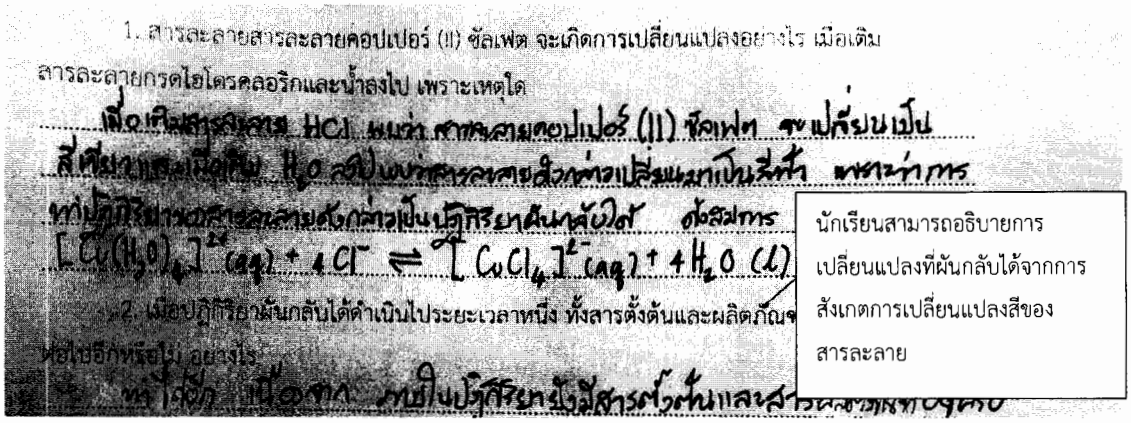
ภาพที่ 4.7 ร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติ

4.2.4 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด จำแนกตามเนื้อหา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำแนกตามเนื้อหาย่อย คือ มโนมติเรื่องปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลหลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.4.1 มโนมติเรื่องปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ นักเรียนมีส่วนใหญ่มโนมติถูกต้อง เรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้สูงกว่าก่อนเรียน และไม่แตกต่างกันกับความคงทนของมโนมติ มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง (ภาพที่ 4.9) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา คือกิจกรรมปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย $CuSO_4$ กับกรด HCl สมการเคมีคือ $[Cu(H_2O)_4]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CuCl_4]^{2-}(aq) + 4H_2O(aq)$ เป็นกิจกรรมที่ทำง่าย สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้อย่างชัดเจนจากสีที่เปลี่ยนไป นักเรียนตื่นเต้นที่ได้ใช้อุปกรณ์การทดลองจากวัสดุที่พบในชีวิตประจำวันแต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การทดลองในห้องเรียนได้ นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับจากปฏิกิริยาที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตัวนักเรียนเอง สามารถเขียนสมการปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ทำให้สามารถเข้าใจมโนมติในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ดี ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 มโนมติถูกต้องของนักเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาผันกลับได้

อีกทั้งกิจกรรมในขั้นขยายความรู้และกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ คือ กิจกรรม blue bottle reaction เป็นกิจกรรมได้รับความสนใจจากนักเรียนเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นการทดลองที่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับจากการเขย่าขวด สารละลายจะมีสีน้ำเงิน

เกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า แต่เมื่อวางทิ้งไว้ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นไม่มีสีซึ่งเป็นการเกิดเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ นักเรียนรู้สึกตื่นเต้นและสนุกสนานไปกับการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ดี ดังเช่น อนุทินสะท้อนความคิดหลังกิจกรรมการทดลอง

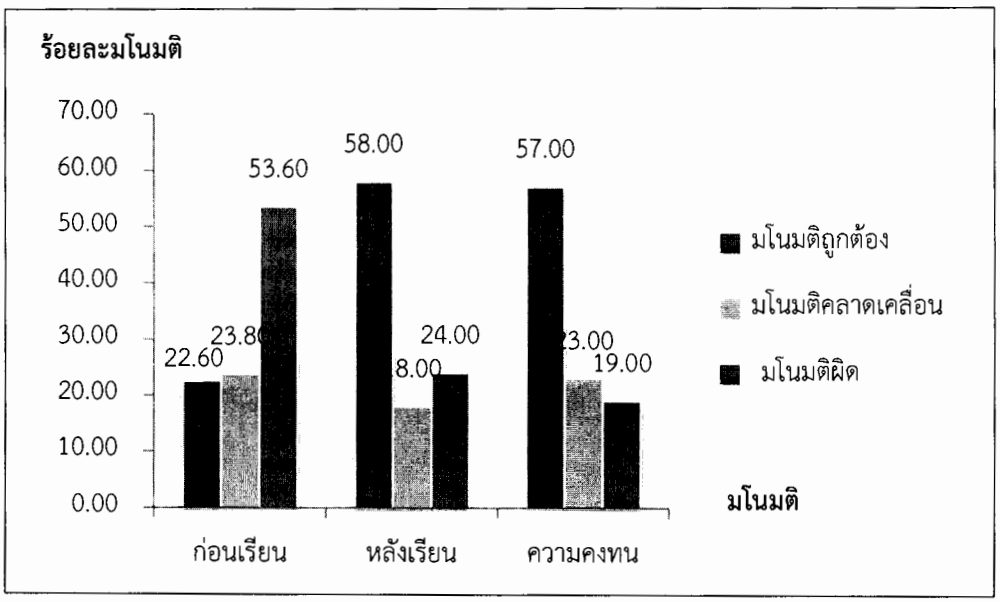
"รู้สึกตื่นเต้นและสนุกที่ได้ทำการทดลอง เนื้อหาน่าสนใจและสามารถนำความรู้ที่ได้ในครั้งนี้ไปใช้ในการเรียนครั้งต่อไป"

"ผมไม่เคยทดลองแบบนี้มาก่อน ทำให้รู้สึกสนุกและตื่นเต้น"

"รู้สึกตื่นเต้น ชอบการทดลองนี้มาก ทำให้เห็นถึงการทดลองจริง ถึงความเป็นมาว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ทำรู้ว่าการทดลองนี้เป็นการทดลองที่ผันกลับได้"

(บันทึกหลังสอน, ฮิกมะฮ์ 29 ตุลาคม 2557)

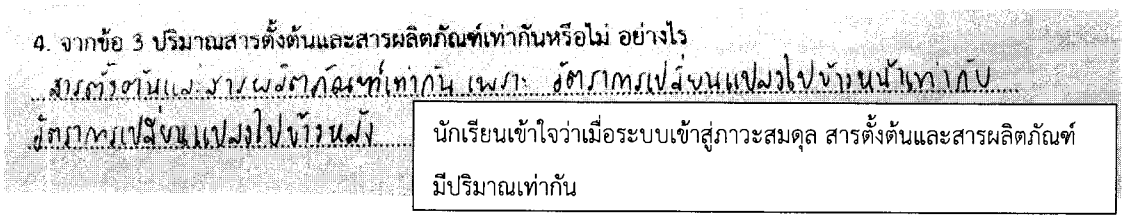
แต่มีนักเรียนบางส่วนมีมโนมติคลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 28.30 เช่น นักเรียนเข้าใจว่า สารผลิตภัณฑ์ที่ทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารตั้งต้น เรียกว่าปฏิกิริยาผันกลับได้ ซึ่งคำตอบที่ถูกคือ ปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อต้องการทราบว่าปฏิกิริยาระหว่าง $CuSO_4$ กับ กรด HCl เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ หลังจากนำสารละลาย $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อนเมื่อเติมกรด HCl สารละลายจะกลายเป็นสีเหลืองของ $[CuCl_4]^{2-}$ นักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า ควรจะเติมกรด หรือสารละลาย $CuSO_4$ ปฏิกิริยาจึงจะผันกลับได้ (คำตอบที่ถูก คือ ควรเติมน้ำ) และนักเรียนมีมโนมติผิดมากที่สุด ร้อยละ 56.60 เช่น นักเรียนเข้าใจว่าสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับและบางส่วนตอบว่า เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ซึ่งควรจะตอบว่าเป็นปฏิกิริยาไปข้างหน้า



ภาพที่ 4.9 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่องปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

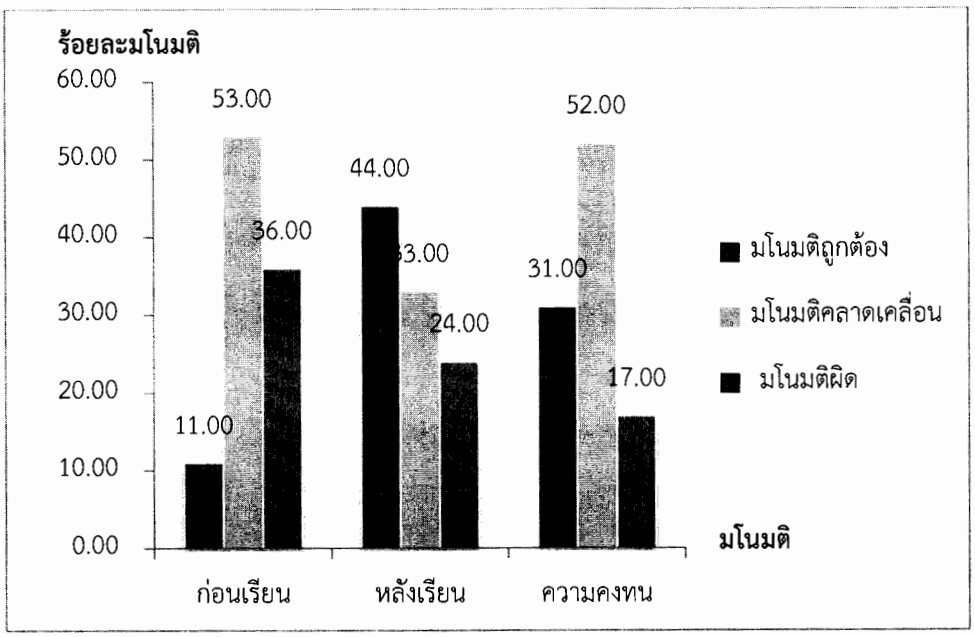
4.2.4.2 มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติถูกต้อง เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลสูงกว่าก่อนเรียนและไม่แตกต่างกันกับความคงทนของมโนมติ มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง (ภาพที่ 4.11) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา คือ กิจกรรมภาวะสมดุลระหว่าง $Cr_2O_7^{2-}$ และ CrO_4^- ดังสมการเคมี $Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq)$ เป็นภาวะสมดุลที่สามารถสังเกตปฏิกิริยาไปข้างหน้าจากการเปลี่ยนสีของสารละลาย $Cr_2O_7^{2-}$ ที่มีสีส้มเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลืองของสารละลาย CrO_4^- และสังเกตปฏิกิริยาไปย้อนกลับจากการเปลี่ยนสีของสารละลายที่มีสีเหลือง เปลี่ยนเป็นสารละลายสีส้ม เมื่อต้องการตรวจสอบว่าในภาวะสมดุลมีสารละลาย CrO_4^{2-} โดยการใช้สารละลาย $BaCl_2$ และกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ คือ กิจกรรมสมดุลไดนามิก ที่จำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับโดยการตักน้ำสีในบีกเกอร์ด้วยกระปุกพลาสติกขนาดเล็ก 2 ขวด ที่มีขนาดต่างกันสลับไปมา จนน้ำในกระปุกพลาสติกทั้งสองมีปริมาตรเท่ากัน ซึ่งเปรียบเหมือนอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับในสมดุลไดนามิก แต่ยังมีนักเรียนมีมโนมติผิดและคลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 50.00 และ 50.94 ตามลำดับ เช่น จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ คือ เมื่อนำน้ำใส่ภาชนะปิดสนิท แล้วนำไปอุ่นให้ร้อน ระดับของน้ำก่อนและหลังเข้าสู่ภาวะสมดุลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร นักเรียนที่มีมโนมติผิดและคลาดเคลื่อนจะตอบว่า ระดับน้ำเพิ่มขึ้นและเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลระดับน้ำคงที่ และบางส่วนตอบว่าระดับน้ำคงที่ เนื่องจากน้ำจะระเหยและควบแน่นกลับมาโดยระดับน้ำเท่าเดิมหรือ ไอจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเมื่อเข้าสู่สมดุลแล้วระดับน้ำจะคงที่ ซึ่งจากคำถาม ถามถึงระดับน้ำก่อนและหลังเข้าสู่ภาวะสมดุล ดังนั้น ระดับน้ำจะลดลงและเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลระดับน้ำคงที่เนื่องจากน้ำจะระเหยออกไปก่อน เมื่อเข้าสู่สมดุลระดับน้ำจึงจะคงที่สอดคล้องกับการตอบคำถามหลังจากทำกิจกรรมสมดุลไดนามิกหลังเรียนของนักเรียนบางส่วน พบว่านักเรียนเข้าใจว่าเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีปริมาณเท่ากันเพราะอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 มโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับสมดุลไดนามิก

แบบทดสอบอีกข้อที่นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนมาก ร้อยละ 50.94 คือ ภาวะสมดุลระหว่างสถานะของเกล็ดไอโอดีนเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหิดของไอโอดีนเท่ากับอัตราการตกผลึก แต่นักเรียนส่วนมากตอบว่าภาวะสมดุลระหว่างสถานะของเกล็ดไอโอดีนเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหิดของไอโอดีนเท่ากับอัตราการควบแน่น การที่ไอเปลี่ยนแปลงเป็นของแข็งเรียกว่า การควบแน่น หรือนักเรียนบางส่วนให้เหตุผลว่า เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหยของไอโอดีนเท่ากับอัตราการตกผลึก นักเรียนยังสับสนระหว่างคำว่าระเหิดกับระเหย และอีกหนึ่งข้อที่นักเรียนมีมโนมติผิดมาก ร้อยละ 37.73 นักเรียนเข้าใจว่า ระบบที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สสามารถเกิดภาวะสมดุลในภาชนะเปิดได้

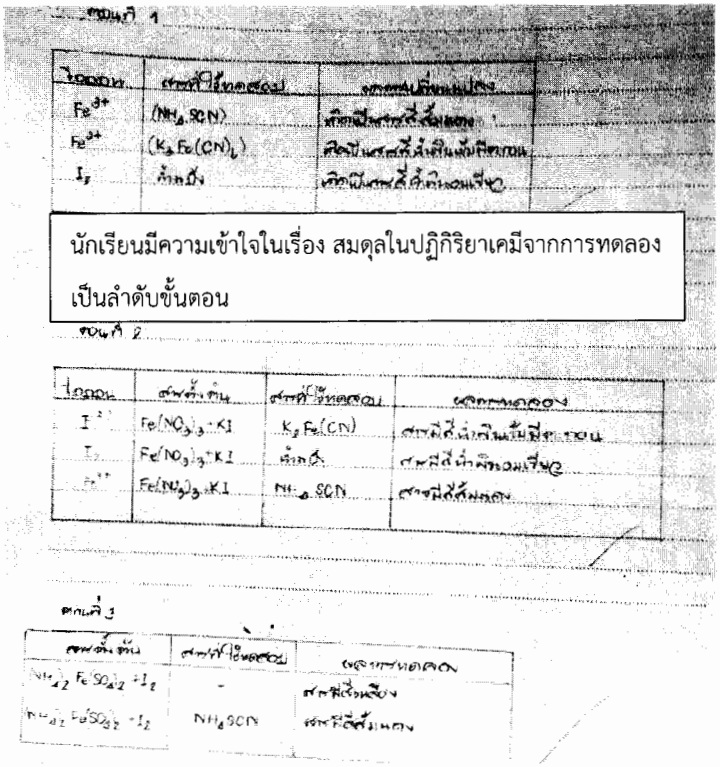


ภาพที่ 4.11 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

4.2.4.3 มโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ นักเรียนมีมโนมติถูกต้อง เรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสูงกว่าก่อนเรียน และไม่แตกต่างกันกับความคงทนของมโนมติ มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง (ภาพที่ 4.14) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา คือ กิจกรรมการทดสอบไอร์ออน (III) ไอออนและไอร์ออน (II) ไอออน ดังสมการเคมี $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \rightleftharpoons 2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq)$ มีการทดลองเป็นลำดับขั้นตั้งแต่ วิธีการทดสอบไอออนแต่ละชนิดที่มีอยู่ภาวะสมดุลและขั้นตอนการนำสารละลาย Fe^{3+} มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย I^{-} แล้วทดสอบไอออนในภาวะสมดุลตามวิธีการทดสอบในขั้นตอนแรก เพื่อตรวจสอบว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลหรือไม่ และขั้นสุดท้าย

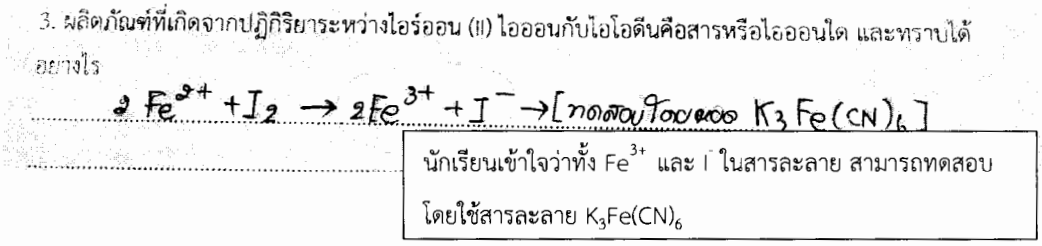
ทดสอบปฏิกิริยาย้อนกลับโดยตรวจสอบไอออนที่เป็นสารตั้งต้น เพื่อยืนยันว่า สารตั้งต้นที่สามารถตรวจสอบได้จากตอนที่ 2 นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาย้อนกลับจริง ไม่ใช่สารที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาไม่หมด ทำให้ทราบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้จริง ซึ่งการที่นักเรียนได้ลงมือทำการทดลองอย่างตั้งใจตั้งแต่ตอนแรกถึงตอนสุดท้าย จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลอย่างชัดเจน รวมทั้งเข้าใจวิธีการตรวจสอบไอออนในภาวะสมดุลดังภาพที่ 4.12 แสดงผลการทำกิจกรรมการทดลองของนักเรียน อย่างเป็นลำดับขั้น ส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสูงกว่าก่อนเรียน



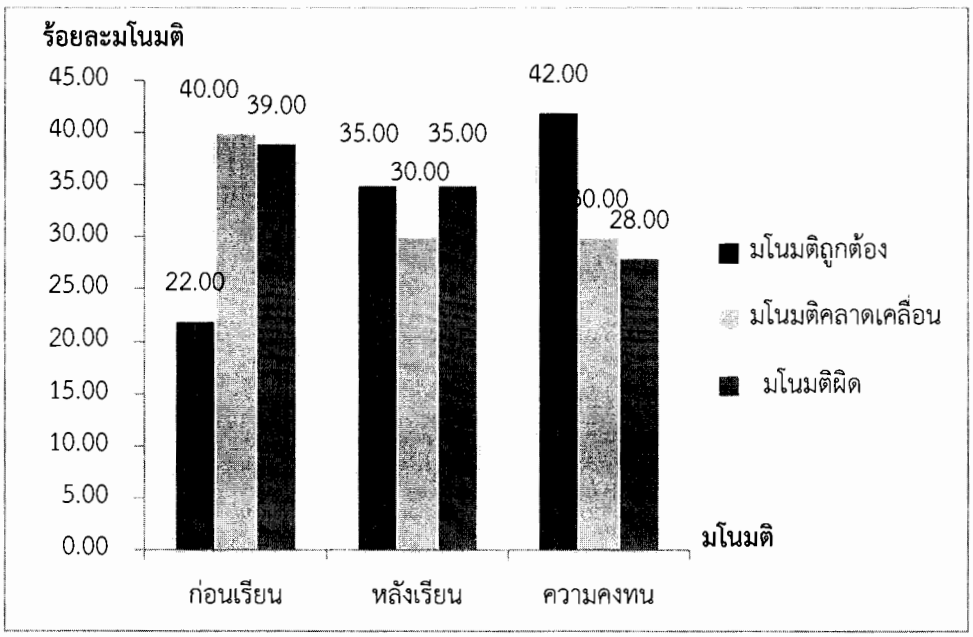
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างผลการทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนอย่างเป็นลำดับขั้น

สำหรับกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ คือ ปฏิกิริยาระหว่าง $FeSO_4$ และ $AgNO_3$ เป็นกิจกรรมที่มีลักษณะคล้ายกันแต่เปลี่ยนเป็นสารอื่น มีการทดสอบสารในภาวะสมดุล เพื่อให้นักเรียนได้มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และรู้จักวิธีการทดสอบสารที่หลากหลายมากขึ้น นักเรียนจึงมีมโนมติที่ถูกต้องเรื่องสมดุลเคมีในปฏิกิริยาเคมีมากขึ้น นักเรียนบางส่วนมีมโนมติคลาดเคลื่อนมากคิดเป็นร้อยละ 32.07 เช่น นักเรียนเลือกกราฟที่แสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีถูกต้อง แต่อธิบายผิดว่าเมื่อเริ่มปฏิกิริยา ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น ความเข้มข้น

ของสารผลิตภัณฑ์ลดลงและเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารทั้งหมดคงที่ นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดมากในเรื่องการทดสอบภาวะสมดุล คิดเป็นร้อยละ 39.62 และ 52.83 ตามลำดับ เนื่องจากเป็น สารใหม่ที่ยังเคยเจอในห้องเรียน นักเรียนจะตอบคำถามข้อนี้ได้ต้องมีพื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมีพอสมควร การที่นักเรียนมีพื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมีน้อยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและผิดดังตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนหลังเรียน ดังภาพที่ 4.13 นักเรียนเข้าใจว่าการทดสอบผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาคือ Fe^{3+} และ I^- สามารถทดสอบโดยใช้สาร $K_3Fe(CN)_6$ ได้ทั้งสองสาร แต่ในความเป็นจริง Fe^{3+} ทดสอบโดยใช้สารละลาย NH_4SCN Fe^{2+} ทดสอบโดยใช้สารละลาย $K_3Fe(CN)_6$ ส่วน I^- ทดสอบโดยใช้สารละลาย $AgNO_3$



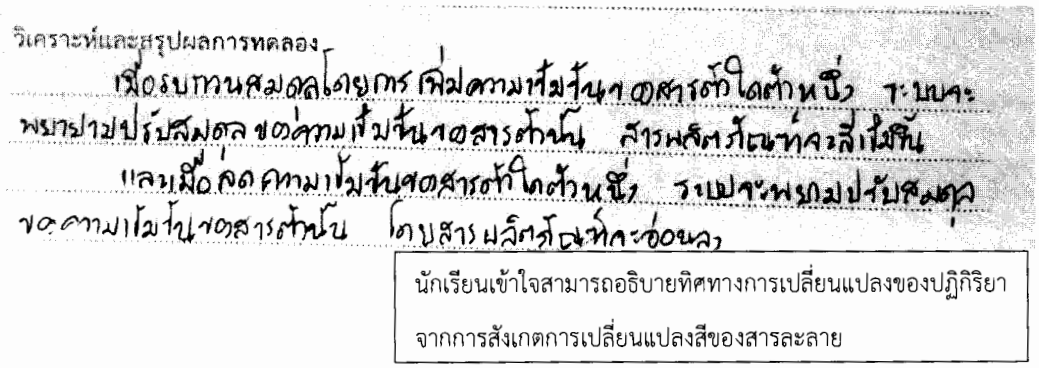
ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี



ภาพที่ 4.14 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดในเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

4.2.4.4 มโนมติเรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล

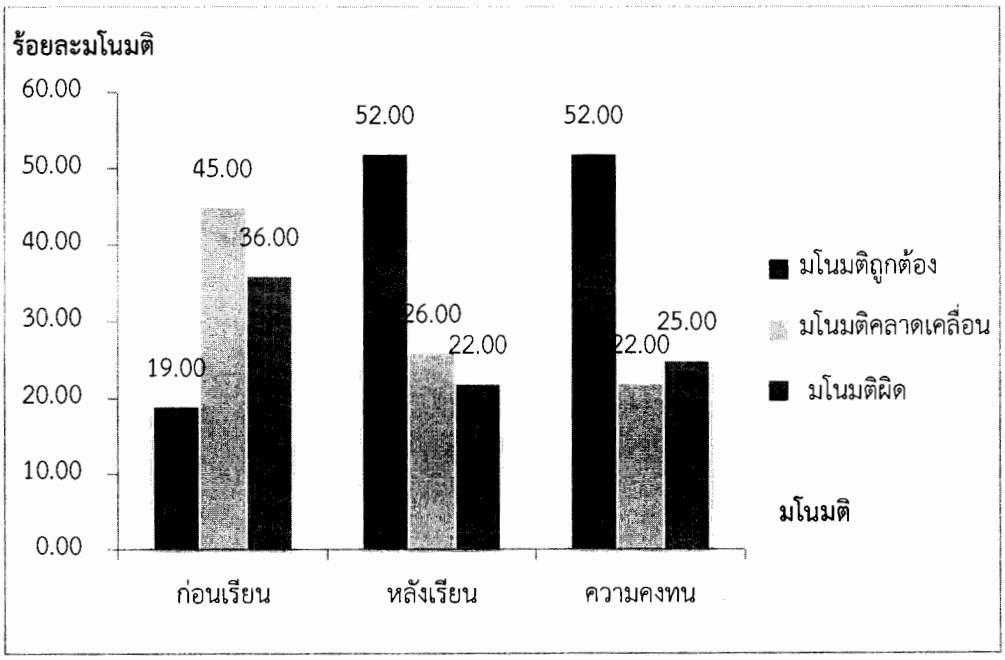
หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ นักเรียนมีมโนมติถูกต้อง เรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลสูงกว่าก่อนเรียน และไม่แตกต่างกันกับความคงทนของมโนมติ มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง (ภาพที่ 4.16) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา คือ กิจกรรมผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของปฏิกิริยาระหว่าง Fe^{3+}และ SCN^- ดังสมการ $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons FeSCN]^{2+}(aq)$ เป็นกิจกรรมที่ทำง่าย ขั้นตอนไม่ซับซ้อน สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาวะสมดุลจากการเปลี่ยนสีของสารละลายเช่นเดียวกับเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น ไม่ว่าจะเพิ่มสารละลาย Fe^{3+} หรือสารละลาย SCN^- ในระบบ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มขึ้น แสดงว่า เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์เกิดมากขึ้น แต่ถ้าลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นโดยเติมสารบางชนิดลงในปฏิกิริยา สีของสารละลายจะจางลงจนไม่มีสี ทำให้เห็นผลของความเข้มข้นที่มีต่อภาวะสมดุลอย่างชัดเจน อีกทั้งนักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสมดุลในปฏิกิริยาเคมีมากขึ้นหลังจากที่ได้เรียนรู้ในเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมตินี้ได้ดี ดังภาพที่ 4.15 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เรื่อง ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ที่สามารถสังเกตได้ง่ายจากสีของสารละลาย



ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เรื่อง ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล

สำหรับกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ คือ กิจกรรมสมดุลเคมีระหว่าง $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ และ $[CoCl_4]^{2-}$ ดังสมการ $[Co(H_2O)_6]^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-} + 6H_2O$ เมื่อเติมกรด HCl ลงไปในระบบ เป็นการเพิ่มความเข้มข้นของ Cl^- จะทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น และเมื่อเติมน้ำ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น จากสองกิจกรรมดังกล่าวทำให้นักเรียนเข้าใจมโนมติเรื่อง

ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลได้ดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังมีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดมาก คิดเป็นร้อยละ 35.85 คือแบบทดสอบเกี่ยวกับ ผลของการเติมสารบางชนิดที่ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้นส่งผลต่อสีของสารผลิตภัณฑ์จางลง แต่นักเรียนได้ให้คำตอบว่า ควรจะเติมน้ำเพื่อให้สารละลายเจือจางมากขึ้นโดยไม่พิจารณา ปฏิกิริยาที่โจทย์กำหนดให้ประกอบการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนต้องวิเคราะห์โจทย์ 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก การที่สีของผลิตภัณฑ์จางลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ขั้นตอนที่สอง การที่ปฏิกิริยาจะเกิดการย้อนกลับได้ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นต้องลดลง วิธีการที่จะทำให้สารตั้งต้นลดลง นั่นคือ จะต้องเติมสารบางชนิดที่มาทำปฏิกิริยาทำให้ความเข้มข้นสารตั้งต้นลดลง ซึ่งในโจทย์ได้กำหนดปฏิกิริยานี้แล้ว ถ้านักเรียนไม่ได้วิเคราะห์อย่างถูกทางแล้วก็จะมีโอกาสที่จะมีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดได้ และอีกหนึ่งข้อที่นักเรียนมีมโนมติผิดมาก คิดเป็นร้อยละ 35.85 คือ แบบทดสอบ ภาวะสมดุล $C_2H_6(g) \rightleftharpoons H_2(g) + C_2H_4(g)$ ถ้าเติมแก๊ส H_2 ลงไปในระบบ จะทำให้ความเข้มข้นของสารทุกตัวในภาวะสมดุลเปลี่ยนแปลงอย่างไร ส่วนใหญ่นักเรียนจะตอบว่า ความเข้มข้นของแก๊ส C_2H_6 เพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของแก๊ส C_2H_4 และ H_2 ลดลงเพราะทิศทางของสมดุลไปทางซ้าย โดยลืมไปว่า การที่เติมแก๊ส H_2 ลงไปในสารละลาย ระบบจะปรับความเข้มข้นของแก๊ส H_2 ให้ลดลง เพื่อเข้าสู่สมดุลใหม่ แต่เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของแก๊ส H_2 เดิม ความเข้มข้นใหม่ก็ยังมากกว่าเดิม ดังนั้น ความเข้มข้นของแก๊ส H_2 จึงเพิ่มขึ้น

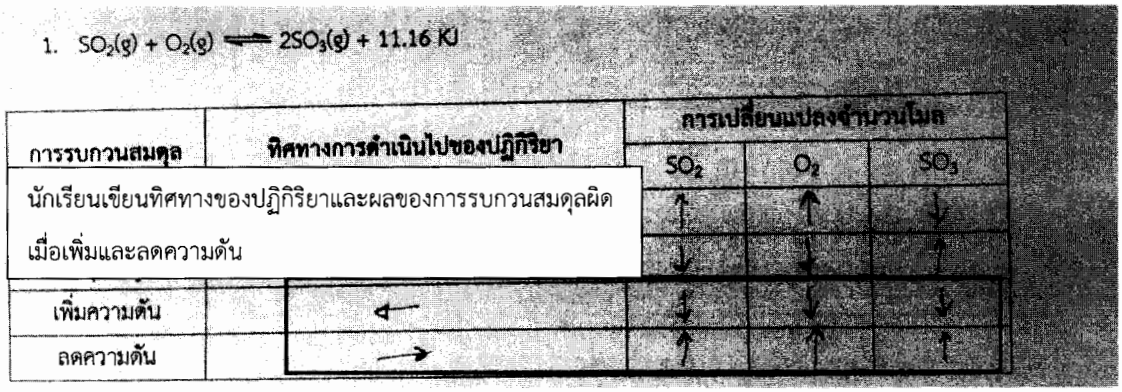


ภาพที่ 4.16 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดในเรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล

4.2.4.5 มโนมติเรื่องผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ นักเรียนมีมโนมติถูกต้อง เรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลสูงกว่าก่อนเรียน และไม่แตกต่างกันกับความคงทนของมโนมติ มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง (ภาพที่ 4.20) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา คือผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลระหว่าง N_2O_4 และNO_2 ดังสมการเคมี $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ นักเรียนสามารถสังเกตการเพิ่มและลดความดัน จากการสังเกตสีของแก๊สที่เข้มขึ้นเมื่อเพิ่มความดันและจางลงเมื่อลดความดันในกระบอกฉีดยา สำหรับผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลจากการนำแก๊ส NO_2 บรรจุในขวดแก้วขนาดเล็กแล้วนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิต่ำและสูง สีของแก๊สในขวดจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของน้ำ คือ แก๊สมีสีเข้มขึ้นเมื่อแช่ในน้ำร้อนและสีจางลงเมื่อแช่ในน้ำเย็น ทำให้สามารถเข้าใจทิศทางการปรับตัวของสมดุลได้ดีจากสีที่เปลี่ยนแปลง และกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ คือ Carbonate soft drink ซึ่งเป็นสมดุลระหว่าง CO_2 และ H_2CO_3 ดังสมการ $CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$ ที่มีในขวดน้ำอัดลม ซึ่งนักเรียนสามารถพบเจอได้ทั่วไป นักเรียนสามารถสังเกตผลของการเพิ่มความดันโดยการปิดขวดและผลของการลดความดันจากการเปิดขวด นักเรียนสามารถสังเกตปริมาณแก๊ส CO_2 จากฟองแก๊สในขวด ทำให้นักเรียนเข้าใจมโนมติเรื่องผลของความดันต่อภาวะสมดุลและยังสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ในห้องเรียนเกี่ยวกับสมดุลเคมีกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้และกิจกรรมในขั้นขยายความรู้อีกหนึ่งกิจกรรม คือ สมดุลระหว่าง $[Co(H_2O)_6]^{2+}$และ $[CoCl_4]^{2-}$ ดังสมการเคมี $[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-} + 6H_2O$ ปฏิกิริยานี้นักเรียนเคยเจอแล้วในเรื่อง ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล สำหรับในเรื่องนี้จะนำสารละลายใส่ในขวดแก้วขนาดเล็ก แล้วนำไปแช่ในน้ำเย็นและน้ำร้อน สีของสารละลายจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่แช่ เมื่อแช่ในน้ำร้อน สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม แต่เมื่อนำไปแช่ในน้ำเย็น สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู

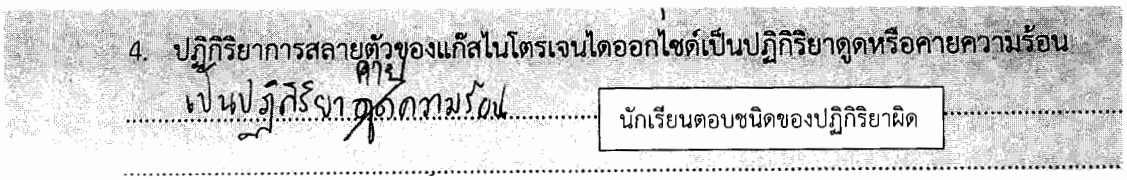
นักเรียนบางส่วนที่ยังมีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิด มโนมติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในมากคือ เรื่องผลของความดันต่อภาวะสมดุล คิดเป็นร้อยละ 33.96 นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเพิ่มความดันต่อภาวะสมดุล ซึ่งความดันจะไม่มีผลต่อภาวะสมดุลก็ต่อเมื่อจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับจำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์ แต่นักเรียนบางส่วนได้ตอบว่า ความดันไม่มีผลก็ต่อเมื่อ จำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ หรือ จำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าสารตั้งต้นต้น หรือนักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจว่าการเพิ่มความดันสำหรับปฏิกิริยาที่จำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากันนั้นไม่มีผลต่อภาวะสมดุล ดังภาพที่ 4.17


1. $SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 11.16\ KJ$

การรบกวนสมดุล	ทิศทางการดำเนินไปของปฏิกิริยา	การเปลี่ยนแปลงจำนวนโมล		
		SO_2	O_2	SO_3
นักเรียนเขียนทิศทางของปฏิกิริยาและผลของการรบกวนสมดุลผิด เมื่อเพิ่มและลดความดัน		↑	↑	↓
		↓	↓	↑
เพิ่มความดัน	←	↓	↓	↓
ลดความดัน	→	↑	↑	↑

ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนไม่เข้าใจผลของการเพิ่มและลดความดันต่อภาวะสมดุล

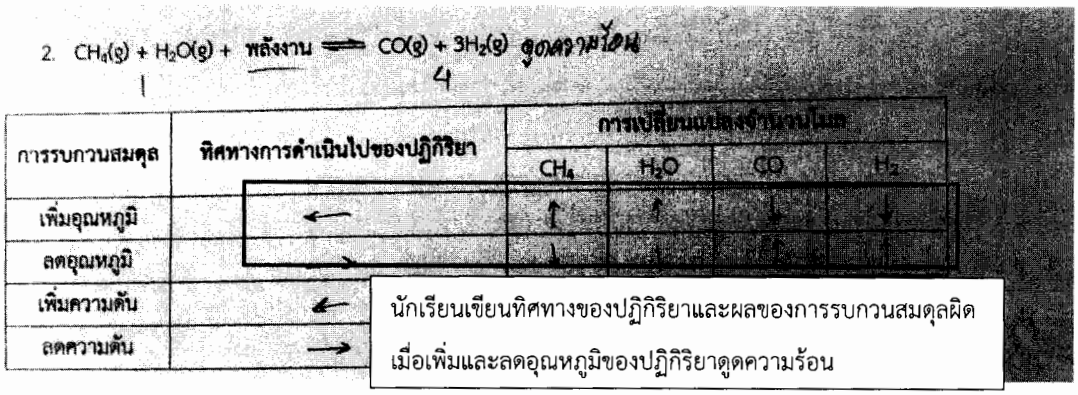
ส่วนในเรื่องผลของอุณหภูมิที่มีต่อภาวะสมดุล มโนมติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมาก คิดเป็นร้อยละ 41.51 ในแบบทดสอบที่เกี่ยวกับการเพิ่มความดันของภาวะสมดุลที่มีผลตรงข้ามกับการเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งต้องพิจารณา 2 ปัจจัย ในเรื่องของความดัน นักเรียนต้องพิจารณาถึงจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นและจำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อเพิ่มหรือลดความดัน ทิศทางของภาวะสมดุลจะเคลื่อนไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ ส่วนในเรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล นักเรียนต้องพิจารณาว่า ปฏิกิริยาเคมีเป็นแบบดูดหรือคายความร้อนก่อน เมื่อรบกวนสมดุลจึงจะทราบว่า ทิศทางของภาวะสมดุลจะเคลื่อนไปข้างหน้าหรือย้อนกลับจึงจะสามารถตอบคำถามได้ ทำให้นักเรียนมีโอกาสมีมโนมติคลาดเคลื่อนได้มาก ส่วนมโนมติที่ผิดมาก คิดเป็นร้อยละ 37.73 ในแบบทดสอบเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาคายความร้อน เช่น นักเรียนเข้าใจว่าปฏิกิริยาคายความร้อน ถ้าต้องการให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้นควรเพิ่มอุณหภูมิแสดงว่านักเรียนยังสับสนระหว่างปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน ดังภาพที่ 4.18 สอดคล้องกับความเข้าใจมโนมติระหว่างเรียนของนักเรียนบางส่วนที่ตอบคำถามในแบบฝึกหัดซึ่งตอบชนิดของปฏิกิริยาถูก แต่เขียนทิศทางของปฏิกิริยาและผลของการรบกวนผิดเมื่อเพิ่มและลดอุณหภูมิของปฏิกิริยาดูดความร้อนดังภาพที่ 4.19


4. ปฏิกิริยาการสลายตัวของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน

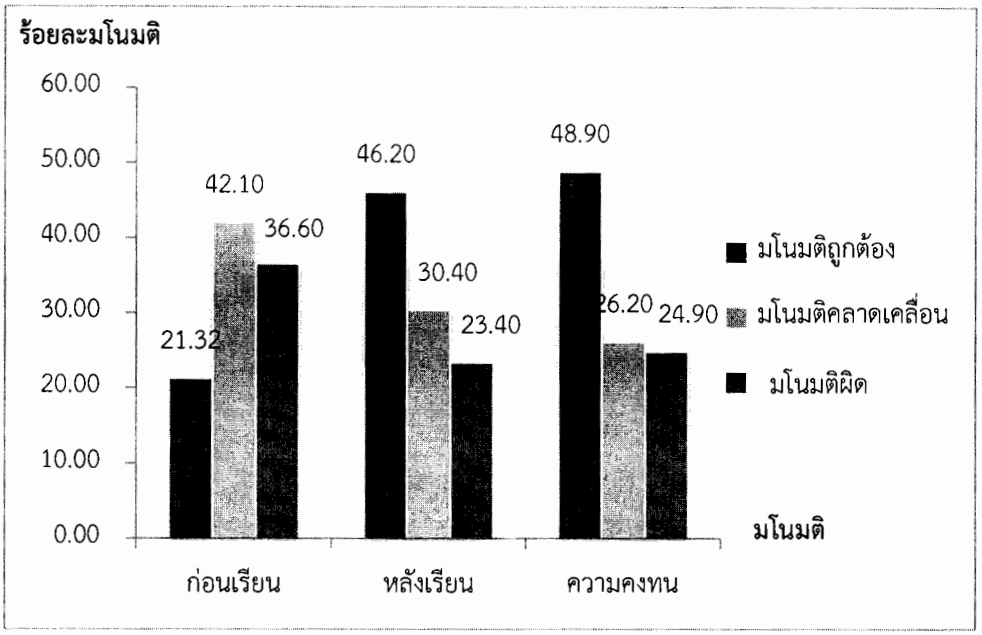
เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

นักเรียนตอบชนิดของปฏิกิริยาผิด

ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน



ภาพที่ 4.19 ความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนต่อการรบกวนสมดุลของปฏิกิริยาดูดความร้อน



ภาพที่ 4.20 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดในเรื่องผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

จากทั้งสองกิจกรรม เกี่ยวกับผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล ถ้านักเรียนเข้าใจหลักของเลอชาเตอลิเอ สามารถอธิบายเหตุผลและบอกทิศทางของปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแปลงเมื่อถูกรบกวนภาวะสมดุลได้ถูกต้อง ทั้งที่เป็นการรบกวนโดยการเพิ่ม-ลดความดันและอุณหภูมิ โดยเฉพาะเรื่องผลอุณหภูมิ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อนเมื่อมีการรบกวนสมดุล ระบบจะปรับตัวไปในทิศทางใด จึงส่งผลให้นักเรียนจึงมีมโนมติเรื่องผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลได้ถูกต้องมากขึ้นและบรรยากาศในการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ท้าทาย นักเรียนมีความสนใจในการทดลองและกระตือรือร้นที่อยากจะเรียนรู้อย่าง

มาก ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลได้ดี ดังอนุทินสะท้อนความคิดหลังเรียน

"รู้สึกตื่นเต้นมากค่ะ เป็นการทดลองที่ต้องใช้ความระมัดระวังอยู่ตลอดเวลา แต่เป็นการทดลองที่สนุก ชอบ"

"เป็นการทดลองที่สนุกมาก ตื่นเต้น ท้าทาย ได้รับความรู้มากมายในการอัดแก๊สหรือการทดลองต่าง ๆ"

"วันนี้เป็นการทดลองที่น่าตื่นเต้น เพราะเป็นการทดลองที่ท้าทาย แต่ก็สนุกมาก ได้รับความรู้มากมาย"

(บันทึกหลังสอน, ฮิกมะฮ์ 19 มกราคม 2558)

4.3 กรณีศึกษานักเรียนที่น่าสนใจ

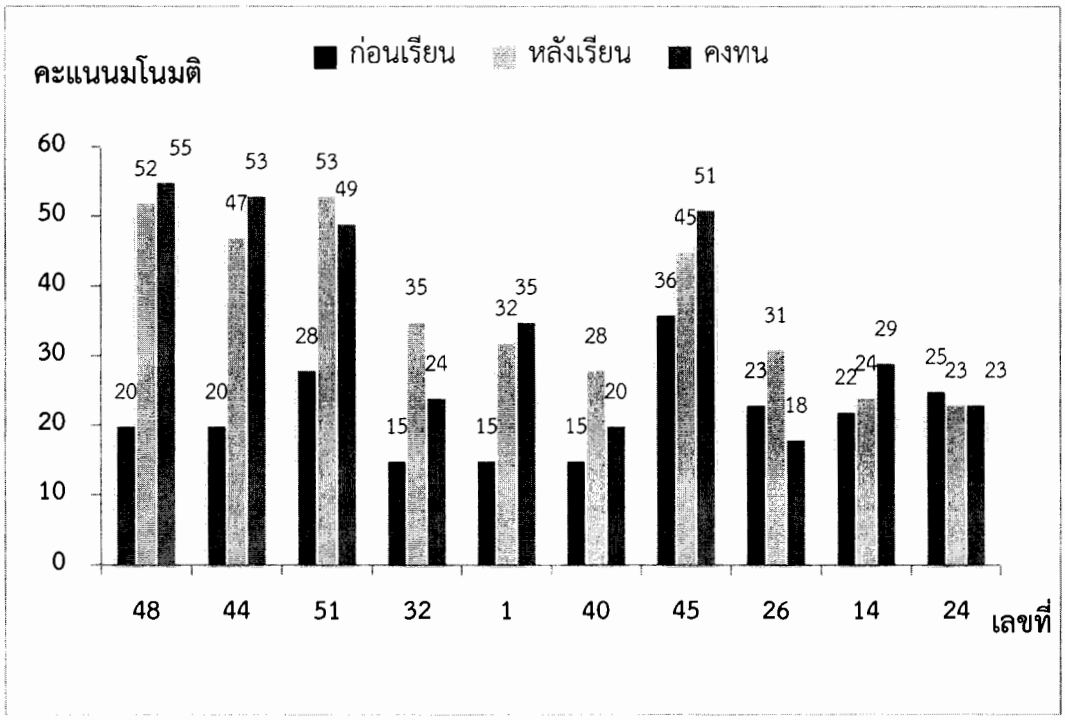
นักเรียนที่มีคะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนมติสูงสุดและต่ำสุด ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่าง ๆ ของนักเรียนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 คะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและความคงทนของมโนมติของนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดและต่ำสุด

เลขที่	คะแนนสอบ			ร้อยละความก้าวหน้า
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คงทน	
48	20	52	55	53.33
44	20	47	53	45.00
51	28	53	49	41.67
32	15	35	24	33.33
1	15	32	35	28.33
40	15	28	20	21.67
45	36	45	51	15.00
26	23	31	18	13.33
14	22	24	29	3.33
24	25	23	23	-3.33

นักเรียนที่มีคะแนนก่อนเรียนสูงสุดคือ เลขที่ 45 ได้ 36 คะแนน และต่ำสุด คือ เลขที่ 1 เลขที่ 32 และ 40 ได้ 15 คะแนนเท่ากันทั้ง 3 คน และเมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียน พบว่า เลขที่ 51

มีคะแนนหลังเรียนสูงสุด คือ 53 คะแนน และเลขที่ 48 ได้ 52 คะแนน ส่วนคะแนนในกลุ่มต่ำคือเลขที่ 14 ได้ 24 คะแนน และเลขที่ 24 ได้ 23 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนความคงทนของมโนมติพบว่า เลขที่ 48 มีคะแนนสูงสุด คือ 55 คะแนน เลขที่ 44 ได้ 53 คะแนน ส่วนคะแนนในกลุ่มต่ำ คือ เลขที่ 26 ได้ 18 คะแนนเลขที่ 24 ได้ เมื่อพิจารณาร้อยละความก้าวหน้าพบว่านักเรียนที่มีร้อยละความก้าวหน้าสูงสุดคือ เลขที่ 48 คือ ร้อยละ 53.33 เลขที่ 44 ร้อยละ 45.00 และเลขที่ 51 ร้อยละ 41.67 ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับกลุ่มเก่งและปานกลาง ตามลำดับ คะแนนมโนมติของนักเรียนเป็นรายกรณี เรื่อง สมดุลเคมี แสดงดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 คะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียนและคงทนของนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดและต่ำสุด

จากภาพ 4.21 จากการวิเคราะห์คะแนนมโนมติของนักเรียนเป็นรายกรณี เรื่อง สมดุลเคมี พบว่านักเรียนที่มีคะแนนก่อนเรียนสูงสุดคือ เลขที่ 45 ส่วนนักเรียนที่มีคะแนนมโนมติก่อนเรียนต่ำสุดคือ เลขที่ 1, 32 และ 40 ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนเลขที่ 45 พบว่าเป็นนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานเคมีและผลการเรียนอยู่เกณฑ์ดี เมื่อพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนเลขที่ 1, 32 และ 40 ในรายวิชาอื่น ๆ พบว่า เลขที่ 1 และ 32 เป็นนักเรียนระดับปานกลาง ซึ่งเคยเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี แต่อาจจะเรียนรู้แบบท่องจำ จึงไม่สามารถนำความรู้ที่เรียนแล้วมาเชื่อมโยงความรู้ใหม่ได้ ส่วนนักเรียนเลขที่ 40 เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มต่ำ เกือบทุกวิชา นักเรียนมีพื้นฐานทางการเรียนวิทยาศาสตร์น้อย ไม่ตั้งใจเรียน ขาดความรับผิดชอบเรียนรู้ช้ากว่าคนอื่น เมื่อพิจารณาคะแนนหลัง

เรียน นักเรียนที่มีคะแนนหลังเรียนต่ำสุดคือ เลขที่ 24 เป็นนักเรียนที่มีความรับผิดชอบ ตั้งใจเรียน แต่พัฒนาการทางการเรียนช้ามาก ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนมโนมติหลังเรียนและความคงทนของมโนมติก็ยังอยู่ในระดับเดิม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิด ค้นหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก ถ้านักเรียนไม่ได้รับการกระตุ้นมากพอ นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้ จึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนเท่าที่ควร ครูจึงควรสอนซ่อมเสริมนอกเวลาเรียนให้นักเรียนคนนี้โดยเฉพาะ ค่อย ๆ ให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจ เชื่อมโยงกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำกับเพื่อน ๆ ในห้องเรียน มาอธิบายให้นักเรียนเข้าใจอีกครั้ง และทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม

เมื่อพิจารณาร้อยละความก้าวหน้าของนักเรียน นักเรียนที่มีร้อยละความก้าวหน้าสูงสุดคือเลขที่ 48 ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับดี และเลขที่ 44 เป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะเรียน พบว่า นักเรียนมีความสนใจตั้งใจ และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมอย่างดีในการทำกิจกรรมทุกกิจกรรมจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับ เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ นักเรียนได้ฝึกตั้งคำถาม วางแผนการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง เพื่อหาคำตอบกิจกรรมขั้นการสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายนักเรียนได้พบเจอในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีความแปลกใจว่าอุปกรณ์เหล่านี้ เช่น ถาดหลุมพลาสติกจากถาดลูกอม ไม้คนจากไม้จิ้มผลไม้ ขวดแก้วขนาดเล็กแทนบีกเกอร์ และกระบอกฉีดยา สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน และเห็นความเชื่อมโยงของวิชาเคมีกับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้มากขึ้น อีกทั้งจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มสามารถลดจำนวนลงจากกลุ่มใหญ่มาเป็นกลุ่มละ 3 คน เนื่องจากอุปกรณ์สามารถเตรียมได้หลายชุด สารเคมีที่ใช้มีปริมาณน้อย (เป็นหยด จากเดิมที่เตรียมเป็นมิลลิลิตร) ง่ายต่อการทำความสะอาดและจัดเก็บ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมาก ในขณะที่ทำการทดลอง สมาชิกในกลุ่มสามารถเรียนรู้และทำการทดลองได้อย่างทั่วถึง สังเกตผลการเปลี่ยนแปลงของสารในถาดหลุมจากการเปลี่ยนสี ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่าย เห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน และสามารถทำการทดลองซ้ำได้โดยไม่ต้องกังวลว่าจะเป็นการสิ้นเปลือง หลังจากนั้นนักเรียนร่วมมือกัน เขียนผลการทดลอง แล้วนำเสนอผลการทดลองในกระดาษแผ่นใหญ่ ไปติดตามผนังห้องเรียน โดยให้กลุ่มอื่นมาดูผลงานและให้ข้อเสนอแนะ อภิปรายผลการประเมิน เพื่อตรวจสอบผลการทดลองที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง วิเคราะห์ผลการทดลอง อธิบายและลงข้อสรุปผลการทดลองที่ได้

ในขั้นขยายความรู้ครูเสริมกิจกรรมการทดลองเพิ่มเติมด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ให้กับนักเรียนเพิ่มเติม จากการเปิดโอกาสให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการทดลองก่อน แล้วให้นักเรียนได้ลงมือทดลอง และอธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสิ่งทำนายไว้อย่างไร ทำให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง สามารถจดจำความรู้ได้นานและนำไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้นอกจากนี้การทำงานเป็นทีม ทำให้สมาชิกในกลุ่มได้ช่วยกันคิดวางแผนการทดลอง แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ช่วยกันนำเสนอผลการทดลองที่ได้อภิปรายผลและลงข้อสรุปด้วยกัน รับฟังความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ สมาชิกในกลุ่มมีการคละกันระหว่างนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน นักเรียนที่เก่งจะช่วยอธิบายให้นักเรียนที่ปานกลางและอ่อน เพื่อให้มีความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียนรู้มากขึ้น

จากการทำกิจกรรมลักษณะนี้ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติเรื่องสมดุลเคมีเพิ่มขึ้น และทำให้นักเรียนรู้สึกชอบ สนุก มีความสุขและสนใจเรียนมากขึ้น ดังตัวอย่างจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนที่สะท้อนว่า

“ในวันนี้ผมได้ทดลอง ผมตื่นเต้นมาก ครูเป็นครูที่ชอบให้นักเรียนได้ทดลองสิ่งใหม่ ๆ และมันสนุกมากเวลาได้ทดลองเคมี”

“รู้สึกมีความสุข ได้รับความรู้เคมีมากขึ้น อยากเรียนวิชาครูต่อไปมาก ๆ ชอบมาก”

“รู้สึกดีใจ มีความสุขมากค่ะ ได้ความรู้ แล้วก็สนุกมาก ๆ”

“รู้สึกดีใจและมีความสุขมากค่ะ ได้ความรู้ แล้วก็สนุกมาก ๆ ขอบคุณครูที่ให้ความรู้การทำงานเป็นหมู่คณะ หนูชอบมากค่ะ”

(บันทึกหลังสอน, ฮิกมะฮ์ 3 พฤศจิกายน 2557)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เรื่องสมดุลเคมีครั้งนี้ สามารถสรุปผลและมีข้อเสนอแนะการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้สรุปได้เป็น 2 ประเด็นคือ คะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์และมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิด เรื่องสมดุลเคมี ดังนี้

5.1.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี

5.1.1.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ มีคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบทั้งชั้นเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 22.23 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 36.30 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าเป็น 23.47 เมื่อศึกษาความคงทนของความเข้าใจมโนมติ เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยเท่ากับ 36.51 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนหลังเรียนและคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติ ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนมโนมติหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.1.1.2 นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบรายเนื้อหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกรายเนื้อหา โดยเนื้อหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ มีร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงสุด คือ 66.60 และมีร้อยละความก้าวหน้าสูงสุดเป็น 36.80 ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนต่ำสุดคือเนื้อหาเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี 50.20 และมีร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุดคือ 14.20 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนและความคงทนของมโนมติในทุกเนื้อหา พบว่ามีคะแนนไม่แตกต่างกัน

5.1.2 มโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดเรื่องสมดุลเคมี

5.1.2.1 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดก่อนเรียน พบว่านักเรียนมีร้อยละมโนมติถูกต้องสูงสุด คือ ร้อยละ 22.60 เป็นมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ร้อยละมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ ร้อยละ 53.00 เป็นมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และร้อยละมโนมติผิดสูงสุด คือ ร้อยละ 53.60 เป็นมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

5.1.2.2 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดหลังเรียน พบว่านักเรียนมีร้อยละมโนมติถูกต้องสูงสุด ร้อยละ 58.00 คือ มโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ สำหรับร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด คือร้อยละ 33.00 เป็นมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติผิดสูงสุด 35.00 เป็นมโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

5.1.2.3 ร้อยละมโนมติถูกต้อง คลาดเคลื่อนและผิดหลังเรียน 30 วัน ผู้วิจัยวัดความคงทนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ร้อยละมโนมติถูกต้องสูงสุด คือ ร้อยละ 57.00 เป็นมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ สำหรับร้อยละมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ ร้อยละ 52.00 เป็นมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และร้อยละมโนมติผิดสูงสุด คือ ร้อยละ 28.00 เป็นมโนมติเรื่องสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

กล่าวโดยสรุป การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรียะลา ให้สูงขึ้น ช่วยเพิ่มมโนมติถูกต้องและลดมโนมติคลาดเคลื่อนและผิด ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง วางแผนการทดลอง อธิบายและลงข้อสรุป จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ร่วมกับกิจกรรมการทดลองด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียนมากขึ้น โดยในขั้นขยายความรู้ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอน โดยการนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง หลังจากนักเรียนทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวโดยให้นักเรียนลงมือทดลอง เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น และขั้นสุดท้ายนักเรียนต้องอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสิ่งทำนายไว้ จนได้ข้อสรุป ทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้มากขึ้นและสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง จึงช่วยให้นักเรียนเรียนรู้มโนมตินั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้การเรียนมีความหมาย เป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา ช่วยให้เข้าใจมโนมติที่เรียนได้นาน มีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี และสามารถนำความรู้ไปใช้ใน

ชีวิตประจำวันได้จึง จึงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องมากขึ้น มีมโนมติคลาดเคลื่อนและผิดน้อยลงและสามารถพัฒนามโนมติหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มโนมติวิทยาศาสตร์

5.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้

5.2.1.1 ควรเสริมกิจกรรมที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เช่น คลิปแอนนิเมชั่น การสร้างแบบจำลอง การวาดภาพ เพื่อให้นักเรียนได้มีความเข้าใจเนื้อหาในระดับโมเลกุลมากขึ้น โดยเฉพาะมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลและสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

5.2.1.2 การทดลองเรื่องผลของความเข้มข้นของสารต่อภาวะสมดุล เมื่อเพิ่มสารละลาย SCN^- ในปฏิกิริยา $Fe^{3+} + SCN^- \rightleftharpoons [FeSCN]^{2+}$ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มขึ้นเล็กน้อย ถ้าเติมสารละลาย SCN^- มากเกินไป สารละลายจะมีสีจางลง ควรเติมสารในปริมาณที่เหมาะสมและสังเกตการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

5.2.1.3 การทดลองเรื่องผลของความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล ควรใช้กระบอกฉีดยาที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อให้สามารถสังเกตสีของแก๊สได้อย่างชัดเจนมากขึ้น และควรใช้กระบอกฉีดยา 2 กระบอกเพื่อเปรียบเทียบสีของแก๊สในขณะที่เพิ่มและลดความดันโดยการกดและดึงก้านกระบอกฉีดยา

5.2.1.4 การเตรียมแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ถ้าหากใช้ข้อต่อสามทางเพียง 1 อัน ระบบการต่อจะไม่แน่น แก๊สอาจจะรั่วออกมาได้ จึงควรใช้ข้อต่อสามทาง 2 อันมาต่อกัน แล้วต่อกับกระบอกฉีดยาทั้ง 3 ด้าน จะทำให้การเตรียมแก๊สมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

5.2.1.5 หลุมพลาสติกสำหรับใช้ในการทดลองควรลอกกระดาษฟอยล์ออกให้หมด เนื่องจากกระดาษฟอยล์อาจจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิดที่เติมลงไป

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ครูผู้สอนควรออกข้อสอบที่เป็นปรนัยผสมผสานกับแบบอัตนัย ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น และจำนวนข้อสอบไม่มากเกินไป เพื่อที่จะได้ทราบมโนมติของนักเรียนและสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอย่างแท้จริง

5.2.2.2 ควรมีการเก็บข้อมูลในหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบสัมภาษณ์ อนุทินสะท้อนความคิด เพื่อตรวจสอบมโนมติของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในทุกเนื้อหาย่อยได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

5.2.2.3 ควรนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ ไปใช้ในการปรับแก้มโนมติ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนในวิชาเคมี เนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา เป็งวงค์. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กลไกมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2551.

กัญชพร เครือคำ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "ผลการจัดการเรียนรู้แบบ POED ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการทำนาย สังเกต อธิบาย อภิปราย เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5", ใน **การประชุมระดับชาติ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 7.** น.346-354. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

กัลยานี พันโบ และคณะ. "การศึกษาพหุกรณี: การสอนของครูเคมีในบริบทที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ", **วารสารวิจัย มข**. 2(1): 76-93; มกราคม, 2555.

กรีฑา ภูผาดแร่ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย" ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 6.** น.20-25. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. "การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้", **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 11(1): 33-44; มกราคม, 2551(ก).

_____. "แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี", **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 19(2): 10-25; กรกฎาคม, 2551(ข).

ชาญชัย ยมดิษฐ์. **เทคนิคและวิธีการสอนร่วมสมัย**. กรุงเทพมหานคร: หลักพิมพ์, 2548.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. **การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองพื้นฐาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

ทัศวรรณ ภูผาดแร่ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย", ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย"ครั้งที่ 6.** น.1-6. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี", **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 14(2): 23-33; พฤษภาคม, 2555.

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5", ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย"ครั้งที่ 6.** น.26-31. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.

พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์. **เปิดโลกเคมี ปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนสำหรับมัธยมศึกษาตอนปลาย**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

พิทักษ์ อยู่มี. "การทดลองแบบไมโครสเกลในปฏิบัติการเคมี", **วารสารวิชาการ วิทย์พิบูลสาสน์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม"**, 2(1): 98-101; มกราคม-ธันวาคม, 2544.

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ วิธีและเทคนิคการสอน 1**. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเมนท์, 2544.

พัตตาวัน นาใจแก้ว และวรัญญา จีระวิพูลพรรณ. "การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนมติเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 5(1): 1-10; พฤษภาคม, 2557.

พัลยมน เย็นสมุทร และเสนอ ชัยรัมย์. "การพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส โดยกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย",ใน **งานประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ. วิจัย ครั้งที่ 8**. น.245-253. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.

ภพ เลาหไพบูลย์. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนพานิชย์, 2542.

มังกร ทองสุขดี. **การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ. “แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย”, **วารสารสงขลานครินทร์ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์**. 13(4): 541-553; ตุลาคม, 2550.

เยี่ยมศิริ มณีพิสมัย. **การสร้างบทปฏิบัติการเคมีบนพื้นฐานของการลดมลพิษและเพิ่มความปลอดภัยจากการใช้สารเคมีสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2548.

รัตนา พันสนิท และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ. “การพัฒนาโมมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 35(2): 87-92; เมษายน, 2555.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. **เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544**. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค, 2545.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. **Constructivism**. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

วราภรณ์ ถิรสิริ. **การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาษร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 24(1): 29-52; มกราคม, 2556.

วิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย. “การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 4(พิเศษ): 1-17; ตุลาคม, 2553.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย :ทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 22(3): 331-343; กันยายน, 2554.

_____. “บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 35(1): 1-7; มกราคม, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศุภวรรณ ตันตยานนท์. (2554). "คิดค้นอุปกรณ์ทดลองทางเคมีขนาดเล็กเพื่อเพิ่มการใช้งานและความปลอดภัยในการทดลอง", **อุปกรณ์การทดลองทางเคมีขนาดย่อส่วน.** http://www.ostc.thaiembdc.org/stnews_thai_20.html. 20 ตุลาคม, 2556.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **เอกสารพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร (Pedagogical Content Knowledge: PCK)**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ, 2552.

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2555). "รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET)", **ระบบประกาศและรายงานผลสอบโอเน็ต.** http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx. 20 เมษายน, 2555.

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้แบบ T5 กระดาษ", **วารสารวิจัย มข.** 1(1): 38-57; เมษายน, 2554.

สุรางค์ โค้วตระกูล. **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

สุนันทา วิบูลย์จันทร์ และคณะ. **เคมี: วิชาแกนทางวิทยาศาสตร์ 1**. กรุงเทพมหานคร: เพียร์สันเอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2546.

อุบลวรรณ ไท้ทอง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6", **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ**. 3(พิเศษ): 272-280, 2554.

Abdullah, M. ,Mohammad, N. and Ismail, Z. "The effect of Microscale Chemistry Experimentation on students' attitude and motivation towards chemistry practical work", **Journal of Science and Mathermatics Education in S.E.Asia**. 30(2): 44-72; Winter, 2007.

_____. "Development of Microscale Experimentation for Secondary School Students in Malaysia (Form Five)", **Chemical Education Journal (CEJ)**. 10(2): 10-14; May, 2008.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Bergquist, W. and Heikkinen, H. "Student Idears Regarding Chemical Equilibrium", **Journal of Chemical Education**. 69(7): 191-196; March, 1992.

Bradley, J.D. "UNESCO/IUPAC-CTC Global Program in Microchemistry", **Pure Appl. Chem**. 73(7): 1215-1219, 2001(a).

_____. "Hands-on practical chemistry for chemistry for all", **Pure Appl. Chem**. 71(5): 817-823, 2001(b).

Costu, B. and et al. "Investigating the effectiveness of POE-based teaching activity on student's understanding of condensation", **Instructional Science.** 40(2): 47-67; January, 2012.

Deter, K. M. "Student Opinions Regarding Inquiry-Based Labs", **Journal of Chemical Education**. 82(8): 1178-1180; August, 2005.

Green and et al. "Prompted inquiry-based learning in the introductory chemistry laboratory", **J. Chem. Edu.** 81(2): 239-241; Winter, 2004.

Kelly, O. and Finlayson, O.E. "Small-scale chemistry in the school laboratory-'small in beautiful, green in more beautiful" http://www.jcscience.slss.ie/resources/.../se_microscale_ ChemEd2002.pdf. 25 October, 2002.

Kegley, S., Stacy, A., and Gutwill, J. "Environmental chemistry in the general chemistry labolatory, part I: A context based approach to teaching chemistry", **The chemical Edocator**. 1(4): 1-14; Spring, 1996

Mafumiko, F.M.S. "The Potential of Micro-sclae Chemistry Experimentation in enhancing teaching and learning of secondary chemistry : Experiences of Tanzania Classrooms", **NUE Journal of International Education Cooperation**. 3(2): 63-79: Winter, 2008.

Marek, E. A. and et al. "Teacher's understanding and the use of the learning Cycle", **Journal of Research in Science Teaching**. 27(9): 821-834; December, 1990.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Ozmen, H. "Determination of student's alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey", **Chemistry education research and practice**. 9(2): 225-233; July, 2008.

Sasen, B. A. "Diagnosing pre-service science teacher's understanding of chemistry concepts by using computer-mediated predict-observe-explain tasks", **Chemistry Education Research and Practice**. 14(2): 239-246; March, 2013.

Singh, M. M, Szanfran, Z and Pike, R.M. "Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies", **Journal of Chemical Education**. 76(12): 1684-1686; December, 1999.

Smith K. C. and et al. "ConductimetricTitration : A predict-Observe-Explain Activity for General Chemistry", **Jounal of Chemical Education**. 87(11): 1217-1221; November, 2010.

Supasorn, S. "Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit", **Chemistry Education Research and Practice.** 16(2): 393-407; March, 2015.

Supasorn, S. and Promarak, V. "Implementation of 5E inquiry Incorporated with analogy learning approach to enchance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students", **Chemistry Education Research and Practice**. 16(4): 121-132; October, 2015.

Vandriel and Grabber. "Student corpuscular conceptions in the context of chemical equilibrium and chemical kinetics", **Chemical Education: Research and Practice in Europe**. 3(2): 201-213; April, 2002.

Ware, S. A. "Teaching chemistry from a societal perspective", **Pure Appl. Chem.** 73(3): 1209-1214; Winter, 2001.

Zakaria, Z., Latip, J. and Tantayanon, S. "Organic chemistry practices for under graduates using a small Lab kit", **Procedia-Social Behavioral Sciences**. 59(2): 508-514; Winter, 2012.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี

แบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี เวลา 60 นาที

คำชี้แจง แบบทดสอบนี้แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ
ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว
ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนเลือกคำตอบเหตุผลที่ใช้ประกอบการตอบคำถามส่วนที่ 1 ให้เลือกเพียงคำตอบเดียว

1. นำน้ำตาลทรายไปละลายในน้ำร้อนจนได้สารละลายอิ่มตัว เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะมีน้ำตาลทรายบางส่วนตกผลึกออกมา การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ถูกต้องหรือไม่

ก. ถูก ข. ผิด

เหตุผล

1. การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าอย่างเดียว
2. การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเพียงอย่างเดียว
3. **การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับ**
4. การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับ

2. เมื่อปฏิกิริยาผันกลับได้ ดำเนินไประยะเวลาหนึ่ง ทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ยังคงทำปฏิกิริยาต่อไปอีกถูกต้องหรือไม่

ก. ถูก ข. ผิด

เหตุผล

1. สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันได้ผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียว
2. สารผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันได้สารตั้งต้นอย่างเดียว
3. **สารตั้งต้นยังคงทำปฏิกิริยากันได้สารผลิตภัณฑ์ และสารผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันได้สารตั้งต้น**
4. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยา

3. การเผาแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูน ($CaCO_3$) ในภาชนะปิด แคลเซียมคาร์บอเนตจะสลายตัวให้แคลเซียมออกไซด์หรือปูนดิบ (CaO) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังสมการ

$$CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$$
$$CaO(s) + CO_2(g) \longrightarrow CaCO_3(s)$$
$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

การทำปฏิกิริยากันระหว่างแคลเซียมออกไซด์ (CaO) กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นปฏิกิริยาประเภทใด

ก. ปฏิกิริยาไปข้างหน้า

ข. ปฏิกิริยาย้อนกลับ

ค. ปฏิกิริยาผันกลับได้

เหตุผล

1. เพราะสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์
2. **เพราะสารผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันเปลี่ยนเป็นสารตั้งต้น**
3. เพราะสารในปฏิกิริยาไม่มีการเปลี่ยนแปลง
4. เพราะปฏิกิริยามีทิศทางไปทางขวาทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

4. เมื่อนำสารละลาย $CuSO_4$ ละลายน้ำ ได้ $[Cu(H_2O)_4]^{2+}(aq)$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อน เมื่อเติมกรด HCl สารละลายจะกลายเป็นสีเหลือง $[CuCl_4]^{2-}(aq)$ จากปฏิกิริยานี้ถ้าต้องการทราบว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่ ควรทำอย่างไร

ก. เติมน้ำ

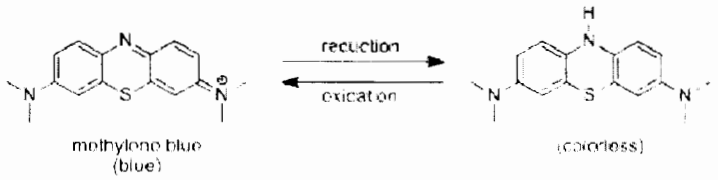
ข. เติมกรด HCl

ค. เติม $CuSO_4$

เหตุผล

1. จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ได้สารละลาย $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อน
2. จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ได้สารละลาย $[CuCl_4]^{2-}$ ซึ่งมีสีเหลือง
3. **จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ได้สารละลาย $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ ซึ่งมีสีน้ำเงินอ่อน**
4. จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ได้สารละลาย $[CuCl_4]^{2-}$ซึ่งมีสีเหลือง

5. จากปฏิกิริยา Blue bottle reaction



ในการเตรียมสารละลายในขั้นต้น สารละลายจะมีสีน้ำเงิน แต่เมื่อวางทิ้งไว้สักพัก สารละลายจะเปลี่ยนเป็นไม่มีสี หากต้องการให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินตามเดิม ควรทำอย่างไร

ก. เติมอินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลู

ข. เติมกลูโคส

ค. เปิดฝาขวดแล้วเขย่า

เหตุผล

1. เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น สารละลายจะกลายเป็นสีน้ำเงิน
2. เพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันชันมากขึ้น สารละลายจะมีสีน้ำเงิน
3. **สารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงินเนื่องจาก methyleneblue จะถูกออกซิไดซ์ด้วย O_2ในอากาศ**
4. เพื่อให้สารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น

6. เมื่อนำน้ำใส่ภาชนะปิดสนิท แล้วนำไปอุ่นให้ร้อน ระดับของน้ำก่อนและหลังเข้าสู่ภาวะสมดุลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

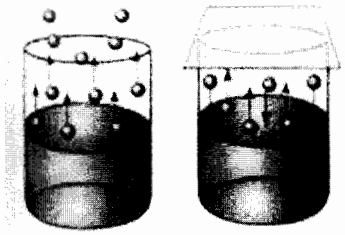
ก. เพิ่มขึ้นและเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลระดับน้ำคงที่

ข. ลดลงและเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลระดับน้ำคงที่

ค. อยู่ในระดับเดิม

เหตุผล

1. **น้ำจะระเหยออกไปก่อน เมื่อเข้าสู่สมดุลระดับน้ำจะคงที่**
2. ไอจะควบแน่นเป็นหยดน้ำ เมื่อเข้าสู่สมดุลแล้วระดับน้ำจะคงที่
3. น้ำจะระเหยและควบแน่นกลับมาโดยระดับน้ำเท่าเดิม
4. น้ำจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

ก  ข

7. จากรูปเมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลวในภาชนะ ก และ ข ระบบในภาชนะใดที่เป็นสมดุลไดนามิก

ก. ภาชนะ ก

ข. ภาชนะ ข

เหตุผล

1. ระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว
2. อัตราการระเหยของของเหลวมากกว่าอัตราการควบแน่น
3. อัตราการควบแน่นมากกว่าอัตราการระเหยของของเหลว
4. **อัตราการระเหยของของเหลวเท่ากับอัตราการควบแน่น**

8. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้เกิดในภาชนะเปิด ปฏิกิริยาใดสามารถเกิดภาวะสมดุลได้

ก. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

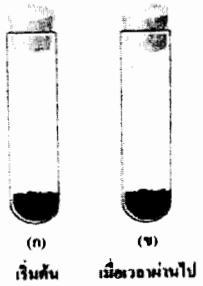
ข. $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

ค. $AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$

เหตุผล

1. เป็นระบบที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เป็นแก๊ส
2. เป็นระบบที่มีสารมากกว่าหนึ่งสถานะ
3. เป็นระบบที่มีสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เป็นของแข็ง
4. **เป็นระบบที่ไม่มีแก๊สมาเกี่ยวข้องจึงยังมีสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ครบทุกสาร**

9. นำใส่เกล็ดไอโอดีนลงในหลอดทดลองแล้วปิดจุกและตั้งไว้ ณ อุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาผ่านไปไอโอดีนเกิดการระเหิดมีไอสีม่วงเกิดขึ้นภายในหลอดทดลองสีจะเข้มขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดสีจะคงที่ และในหลอดทดลองยังมีเกล็ดไอโอดีนเหลืออยู่ ภาวะสมดุลของไอโอดีนที่มีสถานะแก๊สและของแข็งในระบบปิดเป็นภาวะสมดุลระหว่างสถานะถูกต้องหรือไม่



ก. ถูก

ข. ผิด

เหตุผล

1. เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหยของไอโอดีนเท่ากับอัตราการควบแน่น
2. **เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหยของไอโอดีนเท่ากับอัตราการตกผลึก**
3. เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหิดของไอโอดีนเท่ากับอัตราการควบแน่น
4. เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการระเหิดของไอโอดีนเท่ากับอัตราการตกผลึก

10. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}(aq) + H_2O(l)$

จากปฏิกิริยานี้ เมื่อเติมสารละลายเบสลงใน $Cr_2O_7^{2-}$ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเหลือง และเมื่อเติมกรดลงไป สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม หากต้องการตรวจสอบว่าระบบเข้าสู่สมดุลหรือไม่ ควรใช้ สารละลาย $BaCl_2$ ตรวจสอบไอออนในสารละลาย ถูกต้องหรือไม่

ก. ถูก

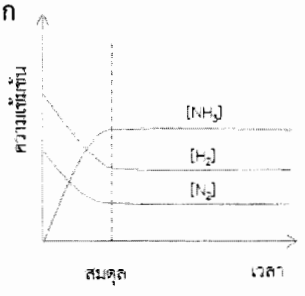
ข. ผิด

เหตุผล

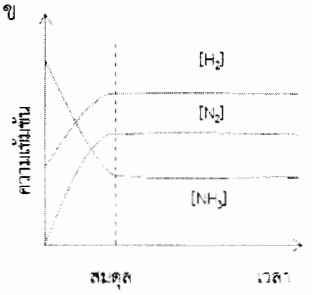
1. **Ba^{2+}ทำปฏิกิริยากับ CrO_4^{2-} เกิดตะกอนในสารละลาย ทำให้สามารถตรวจสอบว่ามี CrO_4^{2-} ในสารละลาย**
2. Ba^{2+}ทำปฏิกิริยากับ $Cr_2O_7^{2-}$ เกิดตะกอนในสารละลาย ทำให้สามารถตรวจสอบว่ามี $Cr_2O_7^{2-}$ ในสารละลาย
3. Ba^{2+}ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับ CrO_4^{2-} และ $Cr_2O_7^{2-}$ ในสารละลายได้
4. การตรวจสอบว่าระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลได้สามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย

11. ถ้าปฏิกิริยาการสังเคราะห์แก๊สแอมโมเนียเกิดขึ้นดังสมการ $2N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ของสารกับเวลาเป็นไปตามข้อใด

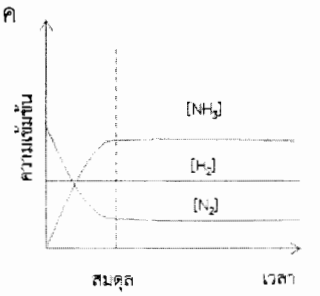
ก



ข



ค



เหตุผล

1. เมื่อเริ่มปฏิกิริยา ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง และความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารทั้งหมดคงที่

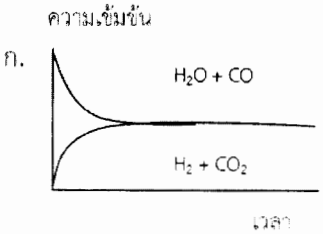
2. เมื่อเริ่มปฏิกิริยา ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ลดลง และเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารทั้งหมดคงที่

3. เมื่อเริ่มปฏิกิริยา ความเข้มข้นองสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารทั้งหมดคงที่

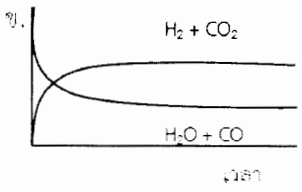
4. เมื่อเริ่มปฏิกิริยา ความเข้มข้นองสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารทั้งหมดคงที่

12. จากปฏิกิริยา $H_2O(s) + CO(g) \rightleftharpoons H_2(s) + CO_2(g)$ กราฟรูปใดแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลได้ดีที่สุด

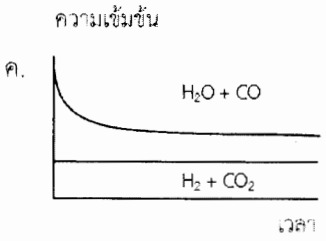
ก.



ข.



ค.



เหตุผล

1. เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เท่ากัน
2. เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
3. **เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงและความเข้มข้นสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นแล้วคงที่**

4. เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้นและความเข้มข้นสารผลิตภัณฑ์ลดลงแล้วคงที่

13. Fe^{2+} และ I_2 ทำปฏิกิริยากันตามสมการ

$2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq) \rightleftharpoons 2Fe^{3+}(aq) + 2I^-(aq)$ เรามีวิธีการตรวจสอบว่าเกิด Fe^{3+}ในภาวะสมดุลได้อย่างไร

ก. เติมสารละลาย NH_4SCN

ข. เติมสารละลาย $K_3[Fe(CN)_6]$

ค. เติมน้ำแป้ง

เหตุผล

1. Fe^{3+} ทำปฏิกิริยากับสารที่ใช้ทดสอบให้สารละลายสีแดง

2. Fe^{3+} ทำปฏิกิริยากับสารที่ใช้ทดสอบให้ตะกอนสีน้ำเงิน

3. Fe^{3+} ทำปฏิกิริยากับสารที่ใช้ทดสอบให้สารละลายสีน้ำตาลแกมเขียว

4. Fe^{3+} ทำปฏิกิริยากับสารที่ใช้ทดสอบให้สารละลายสีน้ำเงิน

14. จากปฏิกิริยา $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$ เมื่อระบบเข้าสู่สมดุล และต้องการทดสอบภาวะสมดุลโดยใช้สารละลายกรด HCl อยากทราบว่า สารละลายกรด HCl ใช้ทดสอบไอออนใดในสมดุล

ก. Fe^{2+}

ข. Fe^{3+}

ค. Ag^+

เหตุผล

1. Cl^- ทำปฏิกิริยากับไอออน ให้สารละลายสีแดง

2. Cl^- ทำปฏิกิริยากับไอออน ให้สารละลายสีน้ำเงิน

3. Cl^- ทำปฏิกิริยากับไอออน ให้ตะกอนสีน้ำเงิน

4. Cl^- ทำปฏิกิริยากับไอออน ให้ตะกอนสีขาว

15. เมื่อผสมสารละลายไอร์ออน(II) คลอไรด์กับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต จะมีตะกอนของเงินเกิดขึ้น เขียนสมการที่ภาวะสมดุลได้ดังนี้

$Fe^{2+}(aq) + Ag^{+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$

เมื่อเติมสารละลายชนิดใดต่อไปนี้ จะทำให้ปริมาณของตะกอนของเงินลดลง

ก. NaCl

ข. $FeCl_2$

ค. $FeSO_4$

เหตุผล

1. สารละลาย SO_4^{2-} จะทำปฏิกิริยากับ Ag ทำให้ Ag ลดลง ส่งผลให้ตะกอนของเงินลดลง
2. สารละลาย Fe^{2+} จะทำปฏิกิริยากับ Ag^{+} ทำให้ Ag^{+} ลดลง ส่งผลให้ตะกอนของเงินลดลง
3. **สารละลาย Cl^{-} จะทำปฏิกิริยากับ Ag^{+}ทำให้ Ag^{+}ลดลง ส่งผลให้ตะกอนของเงินลดลง**
4. สารละลาย Na^{+} จะทำปฏิกิริยากับ Fe^{+}ทำให้ Ag^{+}ลดลง ส่งผลให้ตะกอนของเงินลดลง

16. จากปฏิกิริยา $Fe^{3+}_{(aq)} + SCN^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons [FeSCN]^{2+}_{(aq)}$

สีเหลืองอ่อน ไม่มีสี สีแดงเลือดนก

การกระทำในข้อใดมีผลทำให้สีแดงของสารละลายจางลงอันเนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อกำหนดให้ $Fe^{3+}_{(aq)} + 2HPO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightleftharpoons FePO_{4(s)} + H_2PO^{-}_{4(aq)}$

ก. เติมน้ำ

ข. เติม HPO_4^{2-}

ค. เติมสารละลาย Fe^{3+}

เหตุผล

1. เพื่อให้สารละลายเจือจางมากยิ่งขึ้น
2. **เพื่อทำปฏิกิริยากับ Fe^{3+}ทำให้ Fe^{3+} ในปฏิกิริยาน้อยลง ปฏิกิริยาเกิดการย้อนกลับ สีแดงของสารละลายจึงจางลง**
3. เพื่อให้ SCN^{-}ในสารละลายน้อยลง มีผลทำให้สีแดงของสารละลายจางลง
4. เพื่อให้ $[FeSCN]^{2+}$ ในสารละลายน้อยลง มีผลทำให้สีแดงของสารละลายจางลง

17. เมื่อปฏิกิริยา $Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons FeSCN^{2+}(aq)$ อยู่ในสมดุล แล้วเติมสารละลาย Fe^{3+} มากขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. ปฏิกิริยาจะดำเนินไปทางขวามากขึ้น

ข. ปฏิกิริยาจะดำเนินไปทางซ้ายมากขึ้น

ค. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เหตุผล

1. เมื่อเติม Fe^{3+}ลงในสารละลาย ไม่มีผลใด ๆ ต่อปฏิกิริยา
2. เติมสารละลาย Fe^{3+}ลงในปฏิกิริยา จะทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
3. เมื่อเติม Fe^{3+}ลงในปฏิกิริยา ทำให้ในสารละลาย Fe^{3+}ในปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น สมดุลจึงมีการเปลี่ยนแปลง ไปทางซ้ายมากขึ้น

4. เมื่อเติม Fe^{3+}ลงในปฏิกิริยา ทำให้ในสารละลาย Fe^{3+} ในปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น สมดุลจึงมีการเปลี่ยนแปลง ไปทางขวามากขึ้น เพื่อลด Fe^{3+}

18. $BiOCl(s) + HCl(aq) \rightleftharpoons BiCl_3(aq) + H_2O(l)$

ตะกอนสีขาว สารละลายใสไม่มีสี

จากปฏิกิริยาเมื่อเติมสารละลายกรด HCl ลงในปฏิกิริยา จะมีผลต่อความเข้มข้นของ สารละลาย $BiCl_3$ อย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. เท่าเดิม

เหตุผล

1. ระบบจะปรับตัวในทิศทางที่ปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้น

2. ระบบจะปรับตัวในทิศทางที่ปฏิกิริยาจะเกิดย้อนกลับมาก
3. ปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับจะเท่ากัน
4. ระบบไม่มีการปรับตัวใด ๆ

19. ปฏิกิริยา $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ที่สมดุล ถ้ากำจัด O_2 จะเกิดอะไรขึ้น

ก. ความเข้มข้นของ SO_2และ SO_3เพิ่มขึ้น

ข. ความเข้มข้นของ SO_2 เพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของ SO_3 ลดลง

ค. ความเข้มข้นของ SO_2 ลดลง แต่ความเข้มข้นของ SO_3เพิ่มขึ้น

เหตุผล

1. เมื่อกำจัด O_2ในระบบจะทำให้ สมดุลปรับตัวในทิศที่ทำให้ O_2 เพิ่มขึ้น นั่นคือสมดุลเลื่อนมาทางซ้าย เป็นผลให้ SO_2เพิ่มขึ้น และ SO_3ลดลง

2. เมื่อกำจัด O_2ในระบบจะทำให้ สมดุลปรับตัวในทิศที่ทำให้ O_2 เพิ่มขึ้น นั่นคือสมดุลเลื่อนมาทางซ้าย เป็นผลให้ SO_2 และ SO_3 เพิ่มขึ้น

3. เมื่อกำจัด O_2ในระบบจะทำให้ สมดุลปรับตัวในทิศที่ทำให้ O_2 ลดลง นั่นคือสมดุลเลื่อนมาทางขวา เป็นผลให้ SO_2ลดลง และ SO_3เพิ่มขึ้น

4. เมื่อกำจัด O_2ในระบบจะทำให้ สมดุลปรับตัวในทิศที่ทำให้ O_2 ลดลง นั่นคือสมดุลเลื่อนมาทางขวา เป็นผลให้ SO_2 และ SO_3ลดลง

20. ที่ภาวะสมดุล $C_2H_6(g) \rightleftharpoons H_2(g) + C_2H_4(g)$ ถ้าเติมแก๊ส H_2 ลงไปในระบบ จะทำให้ความเข้มข้นของสารเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. $[C_2H_6]$, $[C_2H_4]$, $[H_2]$ เพิ่มขึ้น

ข. $[C_2H_6]$ เพิ่มขึ้น $[C_2H_4]$, $[H_2]$ ลดลง

ค. $[C_2H_6]$, $[H_2]$ เพิ่มขึ้น $[C_2H_4]$ ลดลง

เหตุผล

1. สมดุลจะเลื่อนไปทางซ้าย ทำให้ความเข้มข้นของ C_2H_6 เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของ C_2H_4 ลดลง ส่วน ความเข้มข้นของ H_2เพิ่มขึ้นมากกว่าตอนเริ่มต้น

2. ถ้าเติมแก๊ส H_2ลงไป สมดุล จะเลื่อนไปทางขวามากขึ้น ทำให้ ความเข้มข้นของ สารทุกตัวเพิ่มขึ้น

3. สมดุลจะเลื่อนไปทางซ้าย ทำให้ความเข้มข้นของ C_2H_6 เพิ่มขึ้น และ ความเข้มข้นของ C_2H_4 , H_2 ลดลง

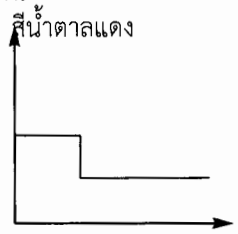
4. สมดุลจะเลื่อนไปทางขวา ทำให้ความเข้มข้นของ C_2H_4 , H_2 เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของ C_2H_6 ลดลง

21. จากปฏิกิริยา $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ + พลังงาน

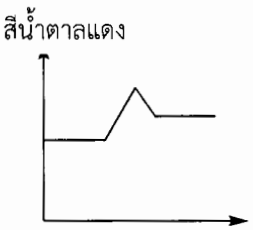
สีน้ำตาลแดง ไม่มีสี

ถ้ารบกวนสมดุลโดยการเพิ่มความดันให้กับระบบ ผลที่เกิดขึ้นควรเป็นไปตามกราฟรูปใด

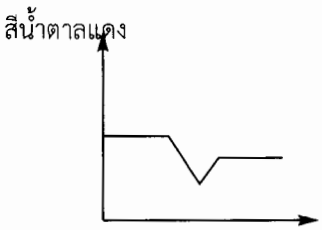
ก.



ข.



ค.



เหตุผล

1. ปริมาณ NO_2 จะเพิ่มขึ้นก่อน จากนั้นจะลดลง เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น เพื่อลดปริมาณ NO_2 และเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่

2. ปริมาณ NO_2จะลดลงก่อน จากนั้นจะเพิ่มปริมาณ NO_2 เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น เพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่

3. ปริมาณ NO_2 จะลดลงก่อน จากนั้นจะคงที่เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่

4. ปริมาณ NO_2 จะคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง

22. การเพิ่มความดันในปฏิกิริยาข้อใดที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

ก. $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

ข. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

ค. $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

เหตุผล

1. การเพิ่มความดันมีผลต่อภาวะสมดุลของปฏิกิริยาในสถานะแก๊ส ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

2. ปฏิกิริยานี้ จำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นมากกว่าจำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์ ทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวามากขึ้น จึงได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

3. ปฏิกิริยานี้ จำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้น ทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวามากขึ้น จึงได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

4. ปฏิกิริยาที่จำนวนโมลรวมของมของสารตั้งต้นเท่ากับจำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์ ทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวามากขึ้น จึงได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

23. ปฏิกิริยานี้สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดอยู่ในสถานะแก๊ส การเพิ่มความดันในปฏิกิริยาในข้อใดจะไม่มีผลต่อสมดุล

ก. $CaCO_3(g) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

ข. $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g)$

ค. $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$

เหตุผล

1. การเพิ่มความดันในปฏิกิริยาที่มีของแข็ง จะไม่มีผลต่อสมดุล

2. การเพิ่มความดันในปฏิกิริยาของแก๊สที่มีจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นมากกว่าสารผลิตภัณฑ์ จะไม่มีผลต่อสมดุล

3. การเพิ่มความดันในปฏิกิริยาของแก๊สที่มีจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับสารผลิตภัณฑ์จะไม่มีผลต่อสมดุล

4. การเพิ่มความดันในปฏิกิริยาของแก๊สที่มีจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้นน้อยกว่าสารผลิตภัณฑ์ จะไม่มีผลต่อสมดุล

24. $C(s) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) \quad \triangle H = -74\ KJ$

ถ้าลดปริมาตรของระบบ จะทำให้สารในสมดุลเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. สมดุลเลื่อนไปทางซ้าย ปริมาณ CH_4 เพิ่มขึ้น

ข. สมดุลเลื่อนไปทางขวา ปริมาณ CH_4 เพิ่มขึ้น

ค. สมดุลเลื่อนไปทางขวา ปริมาณ CH_4 ลดลง

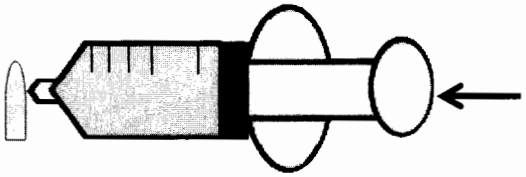
เหตุผล

1. เมื่อลดปริมาตรของระบบ จะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น สมดุลจะไปทางขวา ทำให้ปริมาณ CH_4 เพิ่มขึ้น

2. เมื่อลดปริมาตรของระบบ จะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น สมดุลจะไปทางซ้าย ทำให้ปริมาณ CH_4 ลดลง

3. เมื่อลดปริมาตรของระบบ จะทำให้ความดันลดลง สมดุลจะไปทางขวา ทำให้ปริมาณ CH_4 เพิ่มขึ้น

4. เมื่อลดปริมาตรของระบบ จะทำให้ความดันลดลง สมดุลจะไปทางซ้าย ทำให้ปริมาณ CH_4 ลดลง



$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ + พลังงาน

สีน้ำตาลแดง ไม่มีสี

25. จากรูปเมื่อบรรจุแก๊ส NO_2 ลงในหลอดฉีดยา เมื่อเพิ่มความดันโดยการกดก้านหลอดฉีดยา จะมีผลต่อความเข้มข้นของ NO_2 อย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น ข. ลดลง ค. คงที่

เหตุผล

1. ระบบจะปรับตัวไปทิศทาง**ขวา** เนื่องจากจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้น**มากกว่า**จำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์
2. ระบบจะปรับตัวไปทิศทาง**ซ้าย** เนื่องจากจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้น**มากกว่า**จำนวนโมลของรวมสารผลิตภัณฑ์
3. **เมื่อเพิ่มความดันให้กับระบบ ความเข้มข้นของสารทุกชนิดเพิ่มขึ้น**
4. เมื่อลดความดันให้กับระบบ ความเข้มข้นของสารทุกชนิดลดลง

26. พิจารณาปฏิกิริยา $[Co(H_2O)_6]^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-} + 6H_2O$

เมื่อเติม HCl (เข้มข้น) ทีละหยดลงในสารละลาย $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ ซึ่งมีสีชมพู 1 cm^3 เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายสีน้ำเงินของ $[CoCl_4]^{2-}$ ต่อมาค่อย ๆ เติมน้ำทีละหยดในสารละลายเดิมนี้ จนได้สารละลายสีชมพู จากนั้นนำสารละลายไปอุ่นที่ 100°C ได้สารละลายสีน้ำเงินปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อนตามลำดับ

ก. ดูดความร้อน ข. คายความร้อน

เหตุผล

1. **เมื่อเพิ่มอุณหภูมิปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้น เปลี่ยนจากสารละลายสีชมพูเป็นสีน้ำเงิน**
2. เมื่อ**เพิ่ม**อุณหภูมิปฏิกิริยาจะย้อนกลับมากขึ้น เปลี่ยนจากสารละลายสีน้ำเงินเป็นสีชมพู
3. เมื่อ**ลด**อุณหภูมิปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้น เปลี่ยนจากสารละลายสีชมพูเป็นสีน้ำเงิน
4. เมื่อ**ลด**อุณหภูมิปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้น เปลี่ยนจากสารละลายสีน้ำเงินเป็นสีชมพู

27. ปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุล

$CaO(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons Ca(OH)_2(s) + 109.2\ kJ$

ถ้าต้องการให้ได้ผลิตภัณฑ์มากควรทำอย่างไร

ก. เพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ

ข. ลดอุณหภูมิของระบบ

ค. ลดความดัน

เหตุผล

1. ปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

2. ปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

3. ปฏิกิริยาไปย้อนกลับมากขึ้น เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

4. ปฏิกิริยาไปย้อนกลับมากขึ้น เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

28. ปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลในข้อใด เมื่อมีการเพิ่มความดันจะมีผลตรงข้ามต่อการเพิ่มอุณหภูมิ

ก. $CO(g) + H_2O(g) + \triangle H \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$

ข. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + \triangle H$

ค. $PCl_5(g)$ $PCl_3(g) + Cl_2(g)$ H

เหตุผล

1. เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิปฏิกิริยาจะไปข้างหน้า และเมื่อเพิ่มความดันถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากันจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

2. เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิปฏิกิริยาจะไปข้างหน้า และเมื่อเพิ่มความดันถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

3. เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ และเมื่อเพิ่มความดันถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า

4. เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ และเมื่อเพิ่มความดันถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า

29. การเตรียม $NH_{3\,(g)}$ ในอุตสาหกรรม โดยใช้กระบวนการฮาเบอร์ ดังนี้

$N_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน การกระทำในข้อใดที่มีผลให้ NH_3 เพิ่มขึ้น

ก. เพิ่มความดันให้กับระบบ

ข. เพิ่มอุณหภูมิ

ค. ลดอุณหภูมิ

เหตุผล

1. ปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้นทำให้ได้ NH_3เพิ่มขึ้น

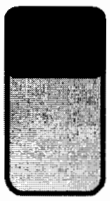
2. เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อลดอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้นทำให้ได้ NH_3เพิ่มขึ้น

3. เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้นทำให้ได้ NH_3 เพิ่มขึ้น

4. เมื่อ ลดความเข้มข้นของ H_2สมดุลจะเลื่อนไปข้างหน้าทำให้ได้ NH_3เพิ่มขึ้น

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) + \text{พลังงาน}$$

สีน้ำตาลแดง ไม่มีสี



30. จากรูปบรรจุแก๊ส NO_2 ลงในหลอดทดลอง เมื่อนำแก๊สนี้ไปแช่ในน้ำร้อน 70°Cแก๊สในหลอดทดลองจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มขึ้นเมื่อเทียบกับตอนเริ่มต้น ถูกต้องหรือไม่

ก. ถูก

ข. ผิด

เหตุผล

1. ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะปรับตัวไปข้างหน้ามากขึ้น
2. ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะปรับตัวไปในทิศทางย้อนกลับมากขึ้น
3. ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะปรับตัวไปข้างหน้ามากขึ้น
4. **ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะปรับตัวไปในทิศทางย้อนกลับมากขึ้น**

ภาคผนวก ข
กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รหัส-รายชื่อวิชา ว30223 เคมี **ชั้น ม.5 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 2 ชั่วโมง**

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทีผันกลับได้ **ผู้สอน นางสาวฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ**

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **โรงเรียนสตรียะลา**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และและจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายความหมายของปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิ่มตัว สมดุลในปฏิกิริยาเคมี และค่าคงที่สมดุลได้

3. สาระสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เมื่อเกิดขึ้นแล้ว จะสามารถกลับสู่สภาวะเดิมได้หรือการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับควบคู่กันไป เช่น น้ำ เมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำ และไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนั้น เราเขียนสมการแทนได้ดังนี้

น้ำ $\rightleftharpoons$ ไอน้ำ การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (Reversible change)

การที่จะเรียกการเปลี่ยนแปลงใดเป็นการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า หรือการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับขึ้นอยู่กับว่าเราเริ่มต้นจากสิ่งใดก็ได้ ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ความรู้

1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

ทักษะกระบวนการ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ของสารละลาย $CuSO_4$และสารละลาย HCl

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย

2. ใฝ่เรียนรู้
3. ซื่อสัตย์ สุจริต
4. อยู่อย่างพอเพียง

5. สาระการเรียนรู้

การเกิดปฏิกิริยาเคมี อาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ หรือปฏิกิริยาที่เกิดสมบูรณ์ หมายถึงปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันจนหมด เกิดผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์ เมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำปฏิกิริยากันกลับไปเป็นสารตั้งต้นได้อีก

เช่น $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Mg^{2+}(aq)$

2. ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ หรือปฏิกิริยาที่เกิดไม่สมบูรณ์ หมายถึงปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากลับไปเป็นสารตั้งต้นได้ เช่น $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก่อน คือ สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้า (Forward reaction) เช่น $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทีหลัง คือ สารผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารตั้งต้น เรียกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ (Backword reaction) เช่น $CaO(s) + CO_2(g) \longrightarrow CaCO_3(s)$

6. หลักฐาน หรือร่องรอยของการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

1. ความรู้

ภาระงาน/ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผู้ประเมิน
1. แบบฝึกหัดที่ 1.1 และ 1.2	ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดที่ 1.1 และ 1.2	แบบฝึกหัดที่ 1.1 และ 1.2	ตอบคำถามในแบบฝึกหัดแต่ละชุดถูกต้องอย่างน้อย 70%	ครู

2. ทักษะกระบวนการ

ภาระงาน/ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผู้ประเมิน
1. ทำการทดลองปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)	สังเกตพฤติกรรม -วางแผนการทดลอง -ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง -ปฏิบัติการผลการทดลอง -สังเกตและบันทึกผลการทดลอง	แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	ต้องได้ไม่ต่ำกว่าระดับคุณภาพ 3 คือ ดี จากระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก	ครู
2. เขียนรายงานการทดลอง	ตรวจสอบการเขียน -การบันทึกผลการทดลอง -การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	แบบประเมินผลการเขียนรายงานการทดลอง	ต้องได้ไม่ต่ำกว่าระดับคุณภาพ 3 คือ ดี จากระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก	ครู
3. แบบบันทึกกิจกรรม blue bottle reaction	ตรวจสอบการบันทึกผลการทำกิจกรรม	แบบบันทึกกิจกรรม	เขียนบันทึกกิจกรรมได้ถูกต้อง 70%	ครู
4. การนำเสนอผลการทดลอง	-ตรวจสอบการออกแบบตารางบันทึกผลและการบันทึกผลการทดลอง	แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	ได้คะแนนอย่างต่ำ 2 จากคะแนนเต็ม 3	เพื่อนและครู

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	ภาระงาน/ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผู้ประเมิน
มีวินัย	เข้าเรียนปฏิบัติกิจกรรม ส่งงานตรงเวลา และรักษาความสะอาดสถานที่ปฏิบัติการทดลอง	สังเกตพฤติกรรมการเข้าเรียน การปฏิบัติกิจกรรม การส่งงานของนักเรียน การรักษาความสะอาดสถานที่ปฏิบัติการทดลอง	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ต้องได้ไม่ต่ำกว่าระดับคุณภาพ 3 คือ ดี จากระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก	ครู
ใฝ่เรียนรู้	ร่วมมือในการเรียน แสวงหาความรู้ ตอบคำถาม ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น และแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	สังเกตพฤติกรรมความร่วมมือในการเรียน ตอบคำถาม ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น และแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ต้องได้ไม่ต่ำกว่าระดับคุณภาพ 3 คือ ดี จากระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก	ครู
ซื่อสัตย์สุจริต	บันทึกข้อมูลจากการทำกิจกรรม และทำแบบทดสอบด้วยความซื่อสัตย์	สังเกตพฤติกรรมการบันทึกข้อมูลจากการทำกิจกรรม และทำแบบทดสอบด้วยความซื่อสัตย์	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ต้องได้ไม่ต่ำกว่าระดับคุณภาพ 3 คือ ดี จากระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก	ครู
อยู่อย่างพอเพียง	ใช้สารเคมีและน้ำอย่างประหยัด	สังเกตการใช้สารเคมีและน้ำอย่างประหยัด	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ต้องได้ไม่ต่ำกว่าระดับคุณภาพ 3 คือ ดี จากระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก	ครู

7. คำถามสำคัญ

1. นักเรียนเคยสังเกตการเปลี่ยนสถานะของน้ำในธรรมชาติบ้างหรือไม่ และน้ำมีการเปลี่ยนสถานะอย่างไร

2. การละลายและการตกผลึกของโซเดียมคลอไรด์มีการเปลี่ยนสถานะอย่างไร จงอธิบาย

3. นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่สามารถผันกลับได้หรือไม่

4. ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้และปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ของสารแตกต่างกันอย่างไร

8. การจัดกระบวนการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูและนักเรียนอภิปรายการเปลี่ยนสถานะของน้ำในธรรมชาติโดยใช้คำถามกระตุ้น

- นักเรียนเคยสังเกตการเปลี่ยนสถานะของน้ำในธรรมชาติบ้างหรือไม่ และน้ำมีการเปลี่ยนสถานะอย่างไร (น้ำที่ได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ เมื่ออุณหภูมิลดลงไอน้ำควบแน่นกลับเป็นน้ำ)

2. ครูยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เพิ่มเติม เช่น การละลายของน้ำตาลทรายในน้ำร้อนจนสารละลายอิ่มตัว เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะมีน้ำตาลทรายบางส่วนตกผลึกออกมาการเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

- นักเรียนลองอธิบายการละลายและการตกผลึกของโซเดียมคลอไรด์

3. ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่สามารถผันกลับได้หรือไม่ (ปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาในทิศทางเดียว คือ สารตั้งต้นเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์โดยเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เช่นการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง การเผาไหม้ลวดแมกนีเซียม การเกิดสนิมเหล็ก

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจากแนวคำตอบของนักเรียน โดยครูยังไม่เน้นคำตอบที่ถูกต้องและร่วมกันหาคำตอบจากกิจกรรม ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

ขั้นสำรวจและค้นหา(Exploration)

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คน ศึกษาวิธีการทดลองในเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ให้เข้าใจ ประมาณ 5 นาที แล้วช่วยกันวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

2. ครูชี้แจงและแนะแนวการทำกิจกรรมรวมทั้งข้อควรระวังในการใช้สารเคมีและอุปกรณ์

3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองตามใบกิจกรรมเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

4. ครูแนะนำให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายในหลอดที่ทดลองที่ 2 เมื่อเติมสารละลาย HCl และเติมน้ำอาจไม่ชัดเจน ดังนั้นต้องเปรียบเทียบกับสีของสารละลาย $CuSO_4$ ในน้ำจากหลอดที่ 1 ทุกครั้ง

5. ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมครูสังเกตการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนเมื่อนักเรียนมีปัญหา

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง อภิปรายและลงข้อสรุป

2. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองลงในชั้นเรียน โดยเขียนในกระดาษปรู๊ฟแล้วนำไปติดที่ผนังห้องเรียนและให้ตัวแทนกลุ่มยืนที่ผลงานของกลุ่มตัวเองเพื่อตอบคำถามของเพื่อน ๆ แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเดินเวียนดูผลงานของกลุ่มอื่นอย่างน้อย2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 นาที

3. นักเรียนทุกกลุ่มประเมินการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและการบันทึกผลการทดลองของกลุ่มเพื่อน และเปรียบเทียบผลการทดลองของกลุ่มตัวเองกับกลุ่มเพื่อนว่าเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร ขณะชมผลงานสามารถซักถามเจ้าของผลงานที่ยืนประจำกลุ่ม (Gallery walk) เมื่อครบกำหนดเวลาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารวมตัวกันเพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนได้ข้อสรุป แล้วตอบคำถาม

- สารละลายสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำลงไป เพราะเหตุใด

(เมื่อเติมกรดไฮโดรคลอริกลงในสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต สารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมเหลือง และเมื่อเติมน้ำลงในสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต สารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเหมือนเดิม)

- เมื่อปฏิกิริยาผันกลับได้ดำเนินไประยะเวลาหนึ่ง ทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ยังคงทำปฏิกิริยาต่อไปอีกหรือไม่ อย่างไร (สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ยังคงทำปฏิกิริยาต่อไปได้อีก ถ้ามีการเติม HCl และ H_2O แต่อาจจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ไม่ชัดเจน

- ครูถามนักเรียนว่าปฏิกิริยาที่ผันกลับได้และปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ของสารแตกต่างกันอย่างไร

ปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ หรือปฏิกิริยาที่เกิดสมบูรณ์ หมายถึงปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันจนหมด เกิดผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์ เมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำปฏิกิริยากันกลับไปเป็นสารตั้งต้นได้อีก

เช่น $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Mg^{2+}(aq)$

ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ หรือปฏิกิริยาที่เกิดไม่สมบูรณ์ หมายถึงปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากลับไปเป็นสารตั้งต้นได้

เช่น $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก่อน คือ สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้า (Forward reaction) เช่น $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทีหลัง คือ สารผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารตั้งต้น เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับ (Backword reaction) เช่น $CaO(s) + CO_2(g) \longrightarrow CaCO_3(s)$

ให้นักเรียนตอบคำถามในแบบฝึกหัดที่ 1.1

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ที่สามารถพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น การเปลี่ยนสถานะของน้ำ เวลาต้มน้ำในหม้อที่มีฝาปิด

2. ครูแนะนำกิจกรรมเพิ่มเติมให้นักเรียนได้ทดลองคือ กิจกรรม blue bottle reaction

3. ก่อนทดลองครู ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำนายผลที่จะเกิดขึ้น (ขั้นทำนาย : Predict)

- เมื่อเติมกลูโคสลงในสารละลาย KOH และหยดอินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลูลงไปในขวดแล้วปิดฝาขวดแล้วเขย่าสารละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

- เมื่อวางสารละลายไว้บนโต๊ะชั่วขณะ สารละลายจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- เมื่อเขย่าขวดที่มีสารละลายอีกครั้ง สารละลายจะเปลี่ยนสีหรือไม่ อย่างไร.

4. นักเรียนทำการทดลอง สังเกตผลการทดลอง เพื่อหาคำตอบจากกิจกรรม blue bottle reaction และบันทึกผลแบบบันทึกกิจกรรม (ขั้นสังเกต : Observe)

5. นักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสังเกตหรือหาคำตอบโดยนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลองของกลุ่มตัวเองให้เพื่อนฟัง เขียนอธิบายในแบบบันทึกกิจกรรม (ขั้นอธิบาย : Explain) และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1.2

ขั้นประเมิน(Evaluation)

1. นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1.1 และ 1.2

2. สังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง สังเกต บันทึกผล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและนำเสนอ

3. ตรวจสอบการเขียนรายงานการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

4. ตรวจสอบการเขียนแบบบันทึกกิจกรรม blue bottle reaction

9. สื่อ วัสดุ อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. หลุมพลาสติก 1 แผง
2. หลอดหยดพลาสติก
3. สารละลาย $CuSO_4$
4. สารละลาย HCl 6 mol/dm^3
5. น้ำกลั่น
6. ขวดขนาดเล็ก พร้อมฝาปิด 1 ขวด
7. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
8. กลูโคส
9. อินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลู

10. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

.....

บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดกระบวนการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ)

ครูผู้สอน

ความเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสมหมาย มุณีรัตน์)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แบบฝึกหัดที่ 1.1

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำปฏิกิริยากันกลับไปเป็นสารตั้งต้นได้อีก เรียกว่า .....
2. ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากลับไปเป็นสารตั้งต้นได้อีกเรียกว่า .....
3. ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันกลายเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า.....
4. ปฏิกิริยาที่สารผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันกลายเป็นสารตั้งต้น เรียกว่า.....
5. การแสดงปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ใช้เครื่องหมาย.....
6. การแสดงปฏิกิริยาผันกลับได้ใช้เครื่องหมาย.....
7. $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้หรือไม่.....
8. การเผาการบูรในภาชะที่มีฝาปิดเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้หรือไม่.....
9. ปฏิกิริยา $[Co(H_2O)_6]^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-} + 6H_2O$

ปฏิกิริยาไปข้างหน้าคือ.....

ปฏิกิริยาย้อนกลับคือ.....

10. ปฏิกิริยาระหว่าง NO_2กับ H_2

ปฏิกิริยาไปข้างหน้าคือ $NO_2(g) + H_2(g) \longrightarrow NO(g)$

ปฏิกิริยาย้อนกลับคือ $NO(g) \longrightarrow NO_2(g) + H_2(g)$

ปฏิกิริยาผันกลับได้คือ.....

แบบฝึกหัดที่ 1.2

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

การเปลี่ยนแปลง	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้
1. การเผาผลึกของคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตในหลอดที่ปิดสนิท		
2. ปรอทและไอปรอทในเทอร์โมมิเตอร์ณ อุณหภูมิคงที่		
3. ถ้วยแก้วใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ในห้อง		
4. การเผาโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในถ้วยกระเบื้อง		
5. กระติกใส่น้ำเดือดลงไปแล้วปิดฝาแน่น		
6. น้ำอัดลมในขวดที่ยังไม่ได้เปิดฝา		
7. การเผาหินปูนในภาชนะปิด $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$		
8. $NaCl(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + Cl^-(aq)$ ในสารละลายอิ่มตัว		
9. ผสม Mg กับ HCl ในภาชนะที่ปิดฝาสนิท		

กิจกรรมที่ 1.1

เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

สมาชิกในกลุ่ม

1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

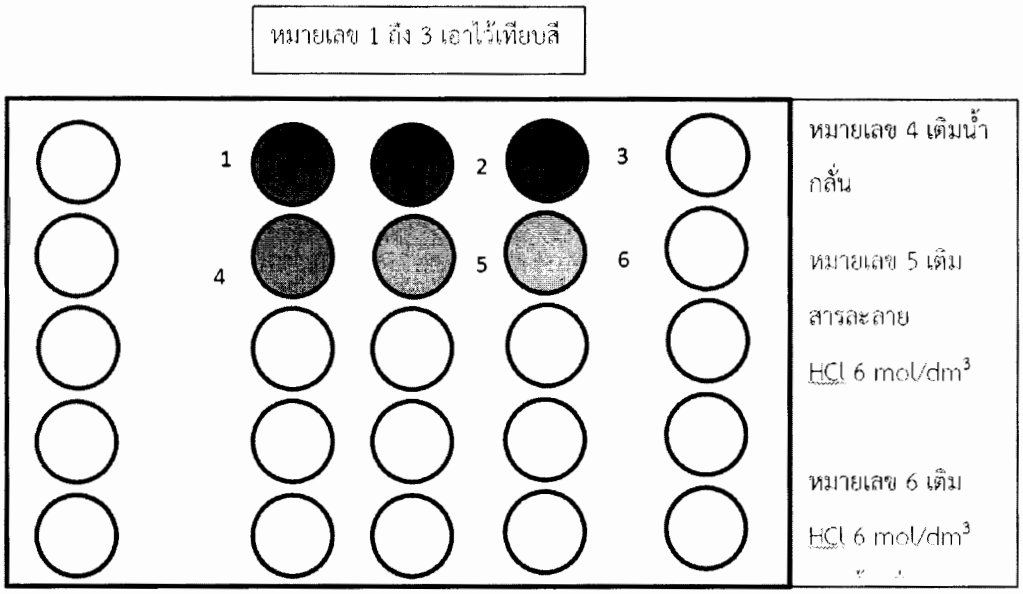
1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาผันกลับระหว่างสารละลายคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริ (HCl) ได้

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	จำนวน
สารเคมี	
1. สารละลาย $CuSO_4$	2 หยด
2. สารละลาย HCl 6 mol/dm^3	
3. น้ำกลั่น	5 หยด
อุปกรณ์	
1. หลุมพลาสติก	1 แผง
2. หลอดหยดพลาสติก	3 อัน

วิธีการทดลอง

1. ใส่สารละลาย $CuSO_4$ลงในหลุมพลาสติก 6 หลุม หลุมละ 2 หยด
2. เติมน้ำกลั่น 6 หยด ลงในหลุมที่ 4 คนและตั้งไว้เพื่อเปรียบเทียบสี
3. หยดสารละลาย HCl 6 mol/dm^3ลงในหลุมที่ 5 และ 6 ทีละหยดพร้อมกับคนจนสารละลายเปลี่ยนสี บันทึกผล
4. หยดน้ำกลั่นลงในสารละลายในข้อ 3 ทีละหยดพร้อมกับคนจนสารละลายเปลี่ยนสี บันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำกับสารในหลุมเดิมอีกครั้งตามข้อ 3-4 สังเกตการเปลี่ยนแปลง



บันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามหลังการทดลอง

1. สารละลายสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำลงไป เพราะเหตุใด

.....

.....

2. เมื่อปฏิกิริยาผันกลับได้ดำเนินไประยะเวลาหนึ่ง ทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ยังคงทำปฏิกิริยาต่อไปอีกหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

กิจกรรมที่ 1.2

เรื่อง blue bottle reaction

สมาชิกในกลุ่ม

1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

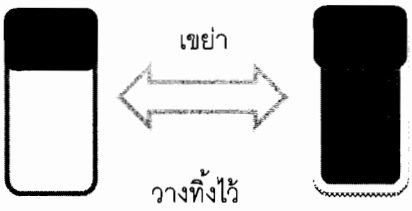
จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาผันกลับได้ระหว่าง Methylene $blue_{(oxidized)}$ (สีฟ้า) และ $methyleneblue_{(reduce)}$ (ไม่มีสี)

รายการ	จำนวน
สารเคมี	
1. KOH	2 กรัม
2. กลูโคสลง	0.25 กรัม
3. อินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลู	2 หยด
4. น้ำกลั่น	7.5 มิลลิลิตร
อุปกรณ์	
1. ขวดที่มีฝาปิดขนาดเล็ก	1 ขวด
2. หลอดหยดพลาสติก	3 อัน

วิธีการทดลอง

1. เติม KOH 0.2 กรัมลงในน้ำ 7.5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน ขวดขนาดเล็กที่มีฝาปิดรอให้สารละลายเย็นลง
2. เติมกลูโคสลงไปอีก 0.25 กรัม
3. เติมอินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลู 2 หยด ลงในขวด
4. นำฝามาปิดขวด เขย่าและหมุนขวดไปมา ในขั้นตอนนี้สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า
5. วางขวดที่มีสารละลายไว้บนโต๊ะ สารละลายจะกลับมาเป็นไม่มีสี
6. เปิดฝาขวด เขย่าสารละลายอีกครั้ง สารละลายก็จะกลับมาเป็นสีฟ้าตามเดิม



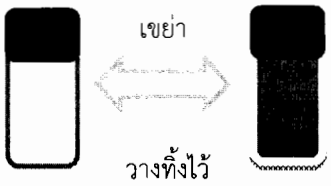
ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง

เมื่อเขย่า : O_2 + $methyleneblue_{(reduce)}$ (ไม่มีสี) ⟶ $methyleneblue_{(oxidized)}$ (สีฟ้า)

เมื่อวางไว้สักพัก : $RH + OH^- \longrightarrow R^- + OH^-$

$Methylene\ blue_{(oxidized)}$ (สีฟ้า) + R^- ⟶ $methyleneblue_{(reduce)}$(ไม่มีสี) + oxidation products of glucose

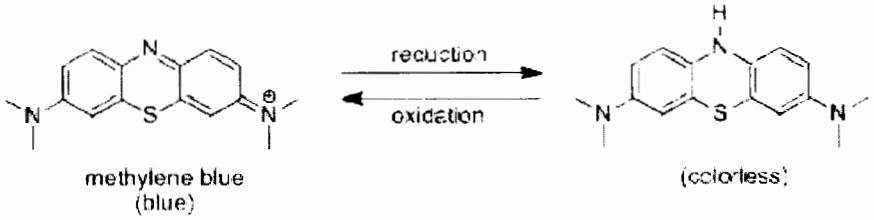
เมื่อวางทิ้งไว้บนโต๊ะ สมดุลเคมีจะเกิดขึ้น สารละลายจะเปลี่ยนเป็นไม่มีสี เมื่อเขย่าขวดอีกครั้ง ออกซิเจนในบรรยากาศจะละลายในสารละลาย ซึ่งเป็นการรบกวนสมดุล ทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอีกครั้ง



ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาโดยละเอียด

1. KOH (dissolved in water) ⟶ K+ + OH-
2. glucose + OH- ⟶ glucoside
3. O_2 (gas from atmosphere) ⟶ O_2 (dissolved in solution)
4. O_2 + methylene blue ⟶ methylene blue
   (dissolved) (colorless) (color blue)
   (reduced form) (oxidized form)
5. glucoside + methylene blue ⟶ methylene blue + OH-
   (color blue) (colorless)
   (oxidized form) (reduced form)

การเกิดภาวะสมดุลของ methylene blue



(Herrr and Cunningham, 1999)

แบบบันทึกกิจกรรม blue bottle reaction

สมาชิกในกลุ่ม

1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

ขั้นทำนาย (Predict)

1. เมื่อเติมกลูโคสลงในสารละลาย KOH และหยดอินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลูลงไปในขวดแล้วปิดฝาขวด แล้วเขย่าสารละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

.....

2. เมื่อวางสารละลายไว้บนโต๊ะชั่วขณะ สารละลายจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

3. เมื่อเขย่าขวดที่มีสารละลายอีกครั้ง สารละลายจะเปลี่ยนสีหรือไม่ อย่างไร

.....

ขั้นการสังเกต (Observe)

ให้นักเรียนทำการทดลองเรื่อง blue bottle reaction โดยศึกษาจากใบกิจกรรม และบันทึกผลการทดลอง

สีของสารละลาย KOH + กลูโคส ในขวด			
หยดอินดิเคเตอร์เมทิลลีนบลู แล้วเขย่า	**วางสารละลายไว้บนโต๊ะชั่วขณะหนึ่ง(1)**	**เขย่าขวดอีกครั้ง**	**วางสารละลายไว้บนโต๊ะชั่วขณะหนึ่ง(2)**

ขั้นอธิบาย (Explain)

ให้นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน

วิชา.....ชั้น.....ภาคเรียนที่.....ปีการศึกษา.....

การทดลองเรื่อง.....

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกในกลุ่ม

1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	3	2	1	0
1. การวางแผนการทดลอง				
2. การปฏิบัติการทดลอง				
3. การบันทึกผลและการจัดกระทำกับข้อมูล				
4. การอภิปรายผลการทดลองและการนำเสนอข้อสรุป				
รวม				

เกณฑ์การประเมินผล

คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	**ระดับคุณภาพ**
10-12	ดีมาก
7-9	ดี
4-6	พอใช้
0-3	ปรับปรุง

สรุปผลการประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองเรื่อง.....

ของนักเรียนกลุ่ม.....คะแนนที่ได้.....มีคุณภาพอยู่ในระดับ.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

( )

ผู้ประเมิน

เกณฑ์ประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 ร่วมกันวางแผนและแบ่งหน้าที่เพื่อปฏิบัติตามวิธีการทดลอง

1.2 ร่วมกันออกแบบการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

1.3 ร่วมกันกำหนดวัตถุประสงค์และสมมติฐานการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง

2.1 ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนในเวลาที่กำหนด

2.2 เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง

2.3 รักษาความสะอาด และเก็บวัสดุอุปกรณ์ได้เรียบร้อย

3. การบันทึกผลและการจัดกระทำข้อมูล

3.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ร่วมกันออกแบบได้ถูกต้อง

3.2 จัดกระทำข้อมูลได้เหมาะสมตามลักษณะของข้อมูล

3.3 บันทึกผลการทดลองตรงกับผลการทดลองของกลุ่ม

4. การอภิปรายผลการทดลองและการนำเสนอข้อสรุป

4.1 ร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4.2 ร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยใช้ข้อมูลการทดลองของกลุ่มที่บันทึกไว้

4.3 นำเสนอข้อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องและตรงกับข้อสรุปของกลุ่ม

การประเมินในแต่ละหัวข้อให้คะแนนพิจารณาตามเกณฑ์ต่อไปนี้

ปฏิบัติได้ 3 ประเด็นได้	3	คะแนน
ปฏิบัติได้ 2 ประเด็นได้	2	คะแนน
ปฏิบัติได้ 1 ประเด็นได้	1	คะแนน
ไม่ได้ปฏิบัติทั้ง 3 ประเด็นได้	0	คะแนน

แบบประเมินการเขียนรายงานการทดลอง

รายงานการทดลองเรื่อง.....

ชื่อกลุ่ม.....

รายการประเมิน	คะแนน			
	3	2	1	0
1. การบันทึกผลการทดลอง				
2. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง				
3. ตอบคำถามหลังการทดลอง				
รวมคะแนน				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

ประเด็นพิจารณา **ระดับคะแนน**

1. การบันทึกผลการทดลอง

ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง ครบถ้วน 3

ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและส่วนใหญ่บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง 2

ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองแต่บันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง 1

ไม่ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง 0

2. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องตามผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน 3

วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องตามผลการทดลองและสรุปผลการทดลองส่วนมากได้ถูกต้อง 2

วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องตามผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องบางส่วน 1

วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองไม่ถูกต้องและสรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง 0

3. การตอบคำถามหลังการทดลอง

ตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และครบถ้วนทั้ง 2 ข้อ 3

ตอบคำถามได้ถูกต้อง และครบถ้วนทั้ง 2 ข้อ 2

ตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์ และครบถ้วน 1 ข้อ 1

ตอบคำถามไม่ถูกต้อง 0

เกณฑ์การประเมินการเขียนรายงานการทดลอง

คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	ระดับคุณภาพ
8-9	ดีมาก
6-7	ดี
3-5	พอใช้
0-2	ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

การทดลองเรื่อง.....ชั้น.....

วันที่.....ผู้สอน.....

ชื่อกลุ่ม	ชื่อ –สกุล	เลขที่	คะแนน	ระดับคุณภาพ
	1.			
	2.			
	3.			

คำชี้แจงให้ผู้ประเมินสังเกตพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ของนักเรียนและเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องระดับคุณภาพตามเกณฑ์ดังนี้ ระดับ 4 หมายถึงมีพฤติกรรมในระดับดีมาก ระดับ 3 หมายถึงมีพฤติกรรมในระดับดี ระดับ 2 หมายถึงมีพฤติกรรมในระดับพอใช้ ระดับ 1 หมายถึงมีพฤติกรรมในระดับต้องปรับปรุง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	พฤติกรรม	ระดับคุณภาพ			
		4	3	2	1
มีวินัย	เข้าเรียน ปฏิบัติกิจกรรม ส่งงานตรงเวลา และรักษาความสะอาดสถานที่ปฏิบัติการทดลอง				
ใฝ่เรียนรู้	มีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน ตอบคำถาม ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น และแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล				
ซื่อสัตย์สุจริต	บันทึกข้อมูลจากการทำกิจกรรม และทำแบบทดสอบด้วยความซื่อสัตย์				
อยู่อย่างพอเพียง	ใช้สารเคมีและน้ำอย่างประหยัด				

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก ประวิทย์ บึงสว่าง, 2553.

ภาคผนวก ค
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. นางสาวณปภัช พิมพ์ดี	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนมัญจาศึกษา อำเภอมัญจาคีรี จังหวัด ขอนแก่น
2. นางเปรมฤดี ลิมปดาพันธ์	ครูชำนาญการ โรงเรียนสตรียะลา อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา
3. นางสาวดาลารีน อับดุลฮานุง	ครูชำนาญการ โรงเรียนคณะราษฎรบำรุง 2 อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์เครื่องมือ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา(IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ตารางที่ ง.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คนที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
5	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ ง.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

คนที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
26	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
27	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
28	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
29	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
34	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
35	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
36	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
38	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
39	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
40	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี
แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

ข้อสอบ ข้อที่	ลำดับขั้นที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	1	0.57	0.20
	2	0.47	0.40
2	1	0.60	0.40
	2	0.50	0.73
3	1	0.50	0.20
	2	0.70	0.20
4	1	0.50	0.20
	2	0.53	0.27
5	1	0.30	0.47
	2	0.63	0.47
6	1	0.47	0.27
	2	0.40	0.53
7	1	0.60	0.40
	2	0.30	0.33
8	1	0.47	0.40
	2	0.40	0.53
9	1	0.57	0.47
	2	0.47	0.53
10	1	0.53	0.33
	2	0.40	0.40
11	1	0.80	0.27
	2	0.47	0.44

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ลำดับขั้นที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
12	1	0.33	0.40
	2	0.53	0.67
13	1	0.33	0.53
	2	0.50	0.20
14	1	0.43	0.47
	2	0.50	0.20
15	1	0.60	0.27
	2	0.37	0.73
16	1	0.43	0.20
	2	0.37	0.47
17	1	0.40	0.27
	2	0.20	0.40
18	1	0.43	0.33
	2	0.50	0.20
19	1	0.43	0.47
	2	0.43	0.33
20	1	0.40	0.27
	2	0.40	0.27
21	1	0.43	0.47
	2	0.43	0.33
22	1	0.53	0.40
	2	0.43	0.47
23	1	0.37	0.47
	2	0.23	0.20
24	1	0.50	0.20
	2	0.27	0.53

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ลำดับขั้นที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
25	1	0.37	0.60
	2	0.53	0.40
26	1	0.47	0.53
	2	0.43	0.20
27	1	0.50	0.60
	2	0.27	0.27
28	1	0.33	0.40
	2	0.50	0.20
29	1	0.53	0.27
	2	0.47	0.27
30	1	0.47	0.27
	2	0.57	0.20

หมายเหตุ: ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.80

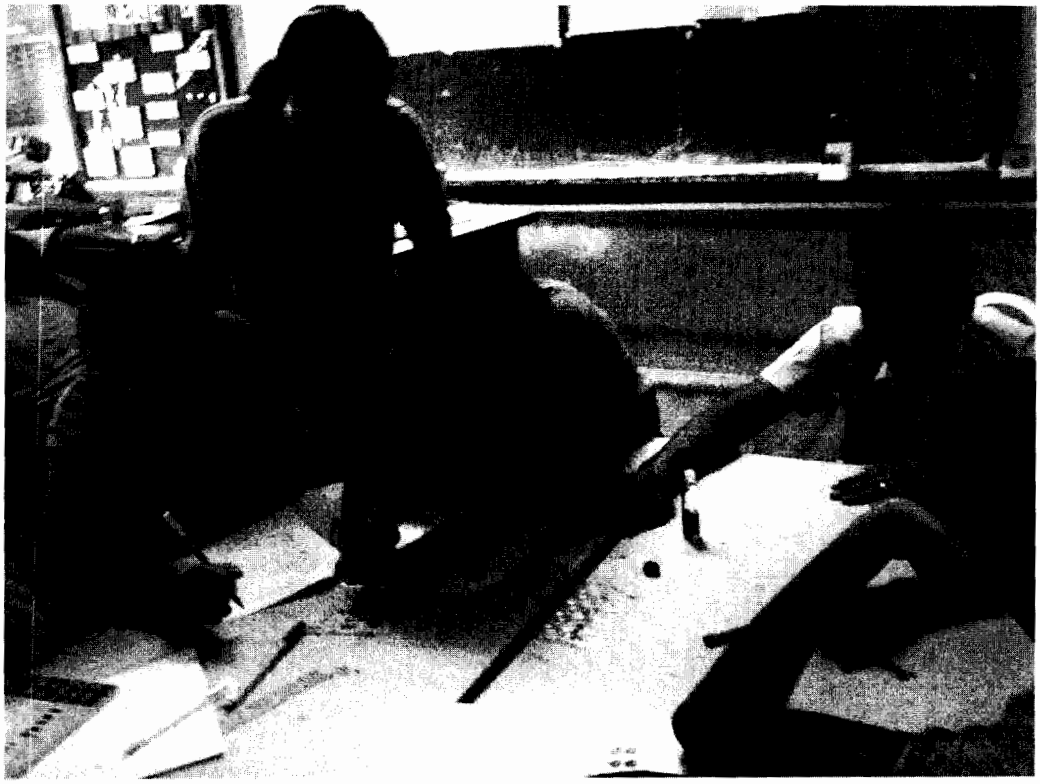
ภาคผนวก จ
ภาพตัวอย่างกิจกรรม เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

ภาพที่ จ.1 กิจกรรมขั้นสร้างความสนใจ

ภาพที่ จ.2 กิจกรรมขั้นสำรวจและค้นหา

ภาพที่ จ.3 กิจกรรมขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ภาพที่ จ.4 กิจกรรมขั้นขยายความรู้



ภาพที่ จ.5 กิจกรรมขั้นประเมิน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ

ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2551
ประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีพครู
มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2552

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2552- ปัจจุบัน
โรงเรียนสตรียะลา
อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา

ตำแหน่ง ครู ค.ศ.2

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนสตรียะลา
อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา
โทรศัพท์ 082-8255722
Email ; ruzeela@gmail.com