



ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลอง
ทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี

Effect of 5Es Inquiry-based Learning of Chemical Equilibrium on Mental Models,
Chemistry Achievement and Satisfaction of Grade-11 Students of
Dechapattanayanukul School, Pattani Province

อับดุลเลาะ อุมาร์

Abdulloh U-ma

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Education in Teaching Science and Mathematics

Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลอง
ทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี

Effect of 5Es Inquiry-based Learning of Chemical Equilibrium on Mental Models,
Chemistry Achievement and Satisfaction of Grade-11 Students of
Dechapattanayanukul School, Pattani Province

อับดุลเลาะ อุมาร์

Abdulloh U-ma

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Education in Teaching Science and Mathematics

Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุคเคมี ที่มีต่อ
 แบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตยานุกูล จังหวัดปัตตานี

ผู้เขียน นายอับดุลเลาะ อุมาร์

สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
 (ดร.ณัฐณี โมพันธ์)

.....ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา เจียรกุลประเสริฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
 (ดร.ณัฐณี โมพันธ์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ)

.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ)

.....
 (ดร. อูสมาน สารี)

.....กรรมการ
 (ดร.อูสมาน สารี)

.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
 คณิตศาสตร์

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ

(ดร.ณัฐณี โมพันธ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ

(นายอัปเดตเลาะ อุมาร์)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ

(นายอับดุลเลาะ อุมาร์)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี
ผู้เขียน	นายอับดุลเลาะ อุมาร์
สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมี 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน ดำเนินการทดลองแบบศึกษากลุ่มตัวอย่างเดียวมีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (One Group Time-Series Research Design) ผลการวิจัย พบว่า แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมีครั้งที่ 1 ถึง 5 ของนักเรียนดีขึ้นตามลำดับ และพบว่า คะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดในแต่ละครั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นครั้งที่ 3 กับ 5 และครั้งที่ 4 กับ 5 ส่วนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) อยู่ในระดับมากที่สุด

Thesis Title	Effect of 5Es Inquiry-based Learning of Chemical Equilibrium on Mental Models, Chemistry Achievement and Satisfaction of Grade-11 Students of Dechapattanayanukul School, Pattani Province
Author	Mr. Abdulloh U-ma
Major Program	Teaching Science and Mathematics
Academic Year	2016

ABSTRACT

The purposes of this research were as follows: 1) to study of chemical equilibrium on mental models, 2) chemistry achievement, and 3) satisfaction of grade-11 by using 5Es inquiry-based learning on chemical equilibrium. The sample of the study were thirty-two students of grade 11/1 in the second semester of the academic year 2016 at Dechapattanayanukul School, Muang District, Pattani Province, Thailand. They were selected by Simple Random Sampling and instructed via using 5Es Inquiry-based for 18 hours. The research instruments consisted of lesson plans for 5Es Inquiry-based under topic of Chemical Equilibrium, mental model activity sheets, achievement test and questionnaires on satisfaction towards the instruction. The experimental research was conducted using one group through time-series research design. The results found that the student's mental models showed an upward trend and the mean scores were differenced at the statistical significant level of .01 excepted the third between the fifth and the fourth between the fifth of mental models. Moreover, the data of achievement test, questionnaires on satisfaction towards the instruction were analyzed by mean and standard deviation. The results were shown as follow. The student's mean score of the post-test on chemical achievement was higher than mean score of the pre-test at the statistical significant level of .01. The students' satisfaction towards 5Es Inquiry-based learning was at highest level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.ณัฐณี โมพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมทั้งสองท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ และดร.อุสมาน สารี ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนพิจารณาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา เจียรกุลประเสริฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้บริหารโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี คณะครูและบุคลากรทุกท่านที่ให้ความสะดวกต่าง ๆ รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตในการดำเนินการวิจัย และเก็บข้อมูลจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สควค.) ภายใต้การดูแลของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ ยิบยื่นโอกาสดี ๆ ในการศึกษาต่อระดับปริญญาโททางการศึกษาและมอบทุนสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่มอบทุนสนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัยสำหรับดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาศาขการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมา

อัปดุลเลาะ อุมาร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(5)
ABSTRACT.....	(6)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
รายการตาราง.....	(10)
รายการภาพประกอบ.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหาและปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	11
แบบจำลอง.....	26
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	35
ความพึงพอใจ.....	46
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	52
แบบแผนการวิจัย.....	52
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	53
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	53
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ.....	54
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	67
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	71
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	71
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	91
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	97
ข้อเสนอแนะ.....	103
ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้.....	103
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	104
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก.....	113
ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....	114
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	119
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	141
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	147
ภาคผนวก จ ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนรู้.....	153
ประวัติผู้เขียน.....	159

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)..... 19
2	บรรยากาศในการจัดการเรียนเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)..... 23
3	เกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552: 268)..... 65
4	ค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจ..... 67
5	ลักษณะแบบจำลองความคิดเรื่องสมดุลเคมี(n = 32)..... 72
6	คะแนนแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน (n = 32)..... 82
7	ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน..... 84
8	ผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดในแต่ละครั้ง..... 84
9	แสดงคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน หลังเรียน คะแนนพัฒนาการ (Growth score) คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และระดับพัฒนาการของนักเรียน..... 85
10	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนเรียนและหลังเรียน..... 87
11	ร้อยละของระดับพัฒนาการทางเรียนของนักเรียน..... 87
12	แสดงค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจต่อการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)..... 88
13	ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี..... 148
14	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมี..... 150
15	ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของแบบวัดความพึงพอใจของ นักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)..... 151
16	ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ..... 152

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	9
2 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	15
3 ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบทดสอบ.....	43
4 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	60
5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี.....	61
6 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน.....	62
7 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน.....	73
8 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของนักเรียน.....	74
9 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องภาวะสมดุลของนักเรียนแสดงอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักปริมาณสัมพันธ์.....	75
10 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องภาวะสมดุลของนักเรียน.....	75
11 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของนักเรียน (ก) แสดงสารตั้งต้นไม่ได้ถูกใช้ในการเกิดผลิตภัณฑ์ (ข) แสดงการปรับตัวของระบบเพื่อลดผลการรบกวนนั้น.....	77
12 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของนักเรียน.....	78
13 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องผลของความดันต่อภาวะสมดุลของนักเรียน (ก) แสดงอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักปริมาณสัมพันธ์ (ข) แสดงการปรับตัวของระบบเพื่อลดผลการรบกวนนั้น.....	79
14 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องผลของความดันต่อภาวะสมดุลของนักเรียน.....	80
15 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลของนักเรียน (ก) แสดงอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักปริมาณสัมพันธ์ (ข) แสดงการปรับตัวของระบบเพื่อลดผลการรบกวนนั้น.....	81
16 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลของนักเรียน.....	82
17 ร้อยละของระดับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน.....	86
18 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	87

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหาและปัญหา

การปฏิรูปการเรียนรู้ถือเป็นหัวใจสำคัญของการปฏิรูปการศึกษาตามที่พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) ได้ให้ความสำคัญกับการปฏิรูปการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ กระบวนการจัดการศึกษาต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และต้องมีความหลากหลายสามารถบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับ เพื่อมุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการที่มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเยาวชนไทยให้เป็นคนดี เก่ง มีความสุข มีความรู้ เชิงวิชาการและสมรรถนะทางวิชาชีพ เรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ มีสุขภาพกายและจิตใจที่สมบูรณ์ สามารถประกอบอาชีพและอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2553: 10) ดังนั้นกระบวนการจัดการศึกษาต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียน และประโยชน์สูงสุดที่ผู้เรียนควรได้รับ อันจะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในโลกปัจจุบันและนับวันจะมีบทบาทมากขึ้นในอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 2) นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังเป็นปัจจัยที่มีบทบาทและความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาขีดความสามารถของประเทศ ซึ่งจะเห็นได้จากประเทศที่เป็นผู้นำทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำลังคนที่มีคุณภาพ มีความรู้และทักษะที่เป็นเลิศทางด้านวิทยาศาสตร์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2553: 49) สอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2545: 7) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายการจัดการศึกษาไว้เพื่อพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพึ่งตนเองและเพิ่มสมรรถนะในการแข่งขันในระดับนานาชาติและสร้างสังคมคุณธรรม ภูมิปัญญาและการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังกำหนดจุดมุ่งหมายไว้เพื่อพัฒนาสังคม

แห่งการเรียนรู้เพื่อสร้างความรู้ ความคิด ความประพฤติกและคุณธรรมของคน โดยการดำเนินการฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการเตรียมทุกคนให้ได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) จึงเป็นจุดหมายสูงสุดของหลักสูตรวิทยาศาสตร์

ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) ซึ่งจัดตั้งโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพระบบการศึกษาของประเทศสมาชิกและประเทศที่เข้าร่วมโครงการ ปัจจุบันมีประเทศที่เข้าร่วมโครงการ PISA มากกว่า 80 ประเทศทั่วโลก ซึ่งนับเป็นร้อยละ 90 ของพื้นที่เศรษฐกิจโลก การประเมิน PISA ดำเนินการประเมินอย่างต่อเนื่องทุก ๆ 3 ปี เพื่อติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนและมุ่งให้ข้อมูลแก่ระดับนโยบาย ซึ่งการประเมินในแต่ละครั้งสามารถให้ข้อมูลคุณภาพการศึกษาของชาติ ว่าได้เตรียมพร้อมให้เยาวชนเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ และมีสมรรถนะในการแข่งขันเพียงใดเมื่อเทียบกับประชาคมโลก โดยจะประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี โดยเน้นการประเมินความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง หรือที่เรียกว่า “การรู้เรื่อง” (Literacy) ครอบคลุมสามด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ จากผลการประเมิน PISA 2015 พบว่าประเทศไทยมีผลการประเมินทั้งสามด้านมีแนวโน้มลดลง แม้ว่าในช่วง PISA 2009 ถึง PISA 2012 ผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์จะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ใน PISA 2015 ทั้งสามด้านกลับมีคะแนนลดลงจาก PISA 2012 และต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD โดยเฉพาะด้านการอ่านและด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สสวท., 2559: 1-4) จากเอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทย วิชัย วงศ์ใหญ่ (2542: 2) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่เน้นครูผู้สอนเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย มุ่งเน้นสอนเนื้อหาและส่งเสริมการท่องจำมากกว่าการให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนคิดไม่เป็น ขาดการเรียนรู้โดยใช้ทักษะวิทยาศาสตร์ และไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงควรเปลี่ยนจากครูผู้สอนเป็นศูนย์กลางเป็นเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัว และใช้กระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ ด้วยตัวเอง (ทีศนา แชมมณี, 2547: 120) โดยครู

มีหน้าที่คอยอำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการเรียนรู้ของนักเรียนจากการลงมือปฏิบัติ แล้วนักเรียนก็จะเกิดการเรียนรู้ภายในใจและสมองของตนเอง (วิจารณ์ พานิช, 2555: 10)

วิทยาศาสตร์เป็นการสืบเสาะหาความรู้ (Science as Inquiry) เนื่องจากมนุษย์พัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้โดยการตั้งคำถามที่สงสัยอยากรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ แล้วรวบรวมประจักษ์พยานด้วยการสังเกต การคิด การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แล้วสร้างเป็นแนวคิดหลัก กฎหรือทฤษฎี เพื่ออธิบายเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น (สสวท., 2555: 20) จากการศึกษาพบว่าความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มีการนำแบบจำลองมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือแนวคิดต่าง ๆ ที่ยากต่อการทำความเข้าใจและไม่สามารถนึกภาพได้ชัดเจน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้สร้างแบบจำลอง (Models) ขึ้นเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการ และการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เหล่านั้น โดยการอธิบายสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบจะเป็นเรื่องนามธรรมมากหากไม่มีการสร้างแบบจำลองขึ้นมา ดังนั้นการจัดเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องเข้าใจถึงวิธีการสร้างและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยซึ่งส่วนใหญ่มาจากการสร้างแบบจำลอง (สสวท., 2546: 26-28) เพราะถือเป็นเป้าหมายหลักเป้าหมายหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2559: 25) และเป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา (สสวท., 2555: 22-24) เพื่อใช้ในการทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อันเป็นแนวทางหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา และ ภารทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557: 86) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากพบว่าการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental model) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายวิชาเคมี เนื่องจากธรรมชาติวิชาส่วนใหญ่มีลักษณะที่เป็นนามธรรม เพราะศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารทั้งในระดับอะตอมและระดับโมเลกุลในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งในทางเคมีนี้นักเคมีมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารใน 3 ระดับ (Gilbert, 2004) ได้แก่ ระดับมหภาค (Macroscopic) เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์ทางเคมีที่สามารถสังเกตได้ เช่น การอธิบายการละลายเกลือในน้ำอย่างไร ระดับจุลภาค (Microscopic) เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เนื่องจากเป็นการกล่าวถึงโมเลกุล อะตอม ไอออน หรือการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น การอธิบายการแตกตัวของโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นสารประกอบไอออนิกแตกตัวเป็นโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออน และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น สูตรเคมี สมการเคมีหรืออื่น ๆ ที่ใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค และใช้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างระดับมหภาคและระดับจุลภาค เช่น การใช้สมการเคมี

เพื่ออธิบายการละลายของเกลือในน้ำ ดังนี้ $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ เป็นต้น ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีจึงต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างและพัฒนาแบบจำลองทางความคิด (Mental models) ด้วยตนเอง เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจของผู้เรียนในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารที่เชื่อมโยงกันทั้ง 3 ระดับ โดยผู้เรียนอาจแสดงแบบจำลองได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ เพื่ออธิบายและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น และไม่คลาดเคลื่อน

สมดุลเคมีเป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งในรายวิชาเคมีเพิ่มเติมที่มีความสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้แนวคิดอื่น ๆ เช่น การศึกษาเรื่องกรดเบสในชีวิตประจำวัน ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เป็นต้น (Bergquist and Heikkinen, 1990: 1000) ดังนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้กำหนดให้เรื่องสมดุลเคมีเป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นด้านวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546) ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดย่อยต่าง ๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล หลักการของเลอชาเตอลิเอ (Le Chatelier) และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อภาวะสมดุล การนำหลักการของเลอชาเตอลิเอมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม และภาวะสมดุลที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (สสวท., 2548) จากการตรวจสอบเอกสารพบว่าแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นแนวคิดหนึ่งที่ยากสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษา เนื่องจากแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรม (Van Driel, 2002) ซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ ประกอบกับต้องเชื่อมโยงกับแนวคิดอื่น ๆ จำนวนมาก เช่น ปริมาณสัมพันธ์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น (Huddle and Pillay, 1996) รวมทั้งลักษณะของภาษาที่ปรากฏในหนังสือที่ไม่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนเกิดความสับสน จากสาเหตุดังกล่าว จึงส่งผลให้แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีมีความยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน และนำไปสู่ความเข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีที่คลาดเคลื่อนได้ (Van Driel, 2002) จากการสัมภาษณ์ครูเคมีบางท่านที่สอนเรื่องสมดุลเคมีให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตานยานกุล จังหวัดปัตตานี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี เช่น นักเรียนไม่เข้าใจสมดุลไดนามิก โดยเข้าใจว่าเมื่อปฏิกิริยาเคมีเข้าสู่ภาวะสมดุลจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นที่ภาวะสมดุลไม่มีสารตั้งต้นเหลืออยู่ และเข้าใจว่าที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมีมีแนวคิดที่เป็นนามธรรม ต้องอาศัยจินตนาการ รวมทั้งเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการเชื่อมโยงกับเนื้อหาอื่น ๆ สัมพันธ์กัน และจากการสัมภาษณ์นักเรียนบางส่วนพบว่านักเรียนไม่ชอบเรียนวิชาเคมี เนื่องจากขาดการลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยบางเรื่องเรียนแต่ภาคทฤษฎีแต่ขาดการปฏิบัติการทดลอง จะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ก็เป็น

ส่วนสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน การสอนแบบบรรยายไม่ค่อยมีกิจกรรมการทดลองหรืออภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในห้อง ส่งผลให้นักเรียนไม่ชอบเรียนวิชาเคมี เพราะคิดว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยาก น่าเบื่อและไม่น่าสนใจ

จากความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และสภาพการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีที่ยังเป็นปัญหาอยู่มากและยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร รวมทั้งลักษณะของแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีที่มีแนวคิดส่วนใหญ่เป็นนามธรรมทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับปัญหาของผู้วิจัยในฐานะผู้สอนวิชาเคมีที่พบว่านักเรียนไม่ชอบเรียนวิชาเคมี เนื่องจากนักเรียนเห็นว่าเนื้อหาวิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และความพึงพอใจของนักเรียน ผู้วิจัยคาดหวังว่านักเรียนจะสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง สมดุลเคมีซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนแนวคิดอื่น ๆ ในขั้นสูงต่อไป มีผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิชาเคมีที่สูงขึ้น และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับครูผู้สอนในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้อย่างสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมีและเนื้อหาอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ได้หรือไม่
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เพิ่มขึ้นหรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนมีพัฒนาการแบบจำลองทางความคิดในแต่ละครั้งของการทดลองโดยมีคะแนนแตกต่างกันในทางเพิ่มขึ้น
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้สนใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียน
2. สามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ หรือระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน
3. เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อให้นักเรียนได้นำแบบจำลองทางความคิดไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 262 คน ที่เรียนรายวิชา ว32223 เคมี 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 15 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 15 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คน โดยกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ทำการวิจัย คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่องสมดุลเคมี

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

4.2.1 แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี

4.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

4.2.3 ความพึงพอใจ

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ระยะเวลาในการวิจัยทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ จำนวนทั้งหมด 18 คาบ (คาบละ 50 นาที)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) หมายถึง การจัดการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้หรือองค์ความรู้ด้วยตัวเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มี 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือกิจกรรมบางอย่างที่น่าสนใจ โดยผู้สอนใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนรู้ในหัวข้อนั้น

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการทำความเข้าใจในประเด็นที่สนใจจะศึกษา แล้ววางแผนดำเนินการสำรวจตรวจสอบ ผ่านการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบแล้วมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์อื่น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

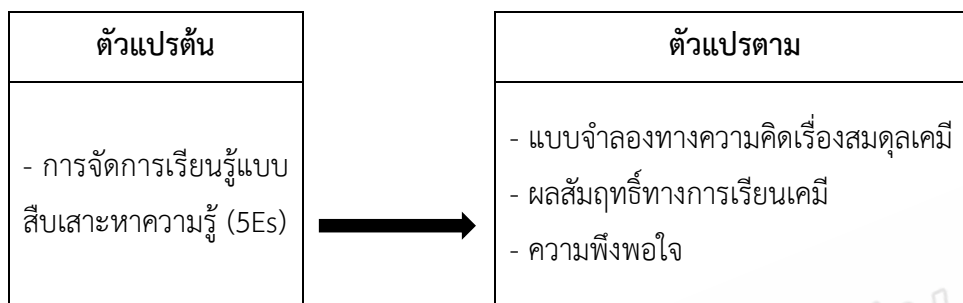
2. แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี หมายถึง ภาพวาดและภาษาที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนเหตุการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับสมดุลเคมี ซึ่งวัดได้จากใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิกริยาที่ผันกลับได้ 2) ภาวะสมดุล 3) ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล 4) ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และ 5) ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล โดยผ่านการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้ว โดยใบกิจกรรมดังกล่าวครูให้นักเรียนทำในขั้นที่ 5 (ขั้นประเมินผล) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนอธิบายเหตุการณ์จากการปฏิบัติการทดลอง โดยการสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยมีครูคอยให้คำปรึกษา

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี หมายถึง ความรู้ความสามารถและทักษะของผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วย ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และวิเคราะห์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) หมายถึง ความรู้สึกชอบ และความสนใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) วิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งวัดความพึงพอใจของนักเรียน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบทบาทผู้สอน ด้านบทบาทผู้เรียน ด้านการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งแบบสอบถามดังกล่าวใช้เกณฑ์วัดระดับความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 20 ข้อ

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางจิตเรื่องสมดุลเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารจากหนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นแนวทางในการวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
 - 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
 - 1.2 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
 - 1.3 จิตวิทยาที่เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
 - 1.4 ขั้นตอนและบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
 - 1.5 ข้อดีและประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
 2. แบบจำลอง
 - 2.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลอง
 - 2.2 ประเภทของแบบจำลอง
 - 2.3 แบบจำลองทางความคิด
 - 2.3.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลองทางความคิด
 - 2.3.2 ประเภทของแบบจำลองทางความคิด
 - 2.3.3 การวัดแบบจำลองทางความคิด
 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 หลักการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 4. ความพึงพอใจ
 - 4.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 4.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- โดยมีรายละเอียดแต่ละหัวข้อดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

นักวิชาการศึกษาเรียกวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในคำที่แตกต่างกันไป เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบสอบสวน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสืบเสาะ การสอนแบบสืบค้น การสอนแบบสืบสอบ เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า “สืบเสาะหาความรู้” ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 122) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หมายถึง การสอนที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ หรือความจริงทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจะสร้างสถานการณ์ยั่วยุให้นักเรียนได้วางแผนและกำหนดวิธีการค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยตัวนักเรียนเอง

สุวัฑกั นิยมคำ (2531: 502) ให้ความหมายไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการค้นหาความรู้ที่ผู้เรียนยังไม่เคยมีความรู้นั้นมาก่อน จนสามารถออกแบบทดลองและทดสอบสมมติฐานได้

กองการวิจัยทางการศึกษา (2536: 11) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยครูตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิด ทาวิธีแก้ปัญหาเองได้และสามารถนำแนวทางการแก้ปัญหานั้นมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542: 123) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหาโดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการเป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544: 43) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบสวน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ หรือสร้างความรู้ด้วย

ตัวเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบเสาะหาความรู้จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ทิสนา แชมมณี (2545: 7) ได้ให้นิยามการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบ หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546: 34) ได้กล่าวว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผสมผสานระหว่างการใช้กระบวนการคิดและทักษะต่าง ๆ เพื่อที่จะแก้ปัญหาและคำตอบ ทำให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

Good (1973: 303) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นเทคนิคหรือกลวิธีเฉพาะประการหนึ่งในการจัดให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาบางอย่างของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นและแสวงหาความรู้โดยใช้คำถาม และพยายามค้นหาคำตอบให้พบด้วยตนเอง เป็นวิธีการเรียนโดยการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนที่เกิดขึ้น (Problem-Solving) ซึ่งปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่นักเรียนเผชิญในแต่ละครั้งจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคิดด้วยการสังเกตอย่างถี่ถ้วนเป็นระบบ ออกแบบการวัดที่ต้องการแยกแยะสิ่งที่สังเกตกับสิ่งที่สรุป ประดิษฐ์คิดค้นตีความหมายภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุด การใช้วิธีการอย่างฉลาดสามารถทดสอบได้และการสรุปอย่างมีเหตุผล

Simpson and Anderson (1981: 177) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ว่าเป็นวิธีการที่ครูและนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยนักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้แนะนำ ผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย และเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

จากความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยครูต้องเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ และทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยคอยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

2. รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

นักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดรูปแบบหรือขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกัน ดังนี้

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 124-125) ได้แบ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและการตั้งสมมติฐาน (Orientation and Hypothesis) ปัญหาคือสิ่งที่ต้องศึกษาเพื่อให้ได้คำตอบ เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่ต้องจัดสถานการณ์ กิจกรรมหรือเงื่อนไขที่ทำให้เกิดปัญหาข้อขัดใจ (Conceptual Conflicts) ขึ้นในตัวผู้เรียนซึ่งเป็นขั้นที่ทำให้ผู้เรียนสืบเสาะต่อไปว่าอะไรคือปัญหา หรือปัญหานั้นจะอธิบายว่าอย่างไร ในขั้นนี้ต้องให้ผู้เรียนคิดพิจารณาหรือใช้ทักษะการสังเกตพิจารณาสภาพของปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาในเบื้องต้น

2. ขั้นสำรวจค้นคว้าหรือขั้นปฏิบัติการ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องค้นหาเหตุผลหาข้อมูล เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้วิธีการหลายวิธีรวมทั้งการสอบถามจากผู้สอนด้วย ครูต้องไม่ตอบปัญหาหรือบรรยายให้ฟัง หากจำเป็นต้องตอบปัญหาโดยไม่มีทางเลือกให้ใช้วิธีรูกคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ข้อคิดของตนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3. ขั้นอภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion) เมื่อรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจค้นคว้าหรือปฏิบัติการแล้ว ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอภิปรายถึงผลที่ได้เพื่อโยงไปสู่สมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าเป็นความจริงมากน้อยเพียงใด หากสมมติฐานนั้นเป็นความจริงให้สรุปเป็นหลักการต่อไป

4. ขั้นการนำไปใช้ (Application) เมื่อสรุปเป็นมโนมติหรือหลักการต่าง ๆ แล้ว ผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดว่าสิ่งที่สืบเสาะได้นั้นจะนำไปใช้ได้อย่างไรหรือนำไปผสมผสานกับความรู้อื่น ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วให้เป็นโครงสร้างของความรู้ใหม่ได้อย่างไร

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546: 219-220) ได้แบ่งขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนหรือเกิดจากอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ในช่วงนั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่มีกรวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผลและนำเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สร้างแบบจำลองหรือรูปภาพ สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับ

สมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวกับประเด็นที่ตั้งไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องอื่นได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. การประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ที่ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546: 216) ได้ให้แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เน้นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้คิดลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลายทั้งการทำกิจกรรมในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ให้ผู้เรียนได้สังเกต สำรวจตรวจสอบทดลอง ด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ที่มีความหมาย สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้มีความรู้คงทนยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อฝึกทักษะการแสวงหาความรู้และพัฒนาการคิดขั้นสูงได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546: 34-36) ได้กำหนดรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสนใจหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นตัวกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือ

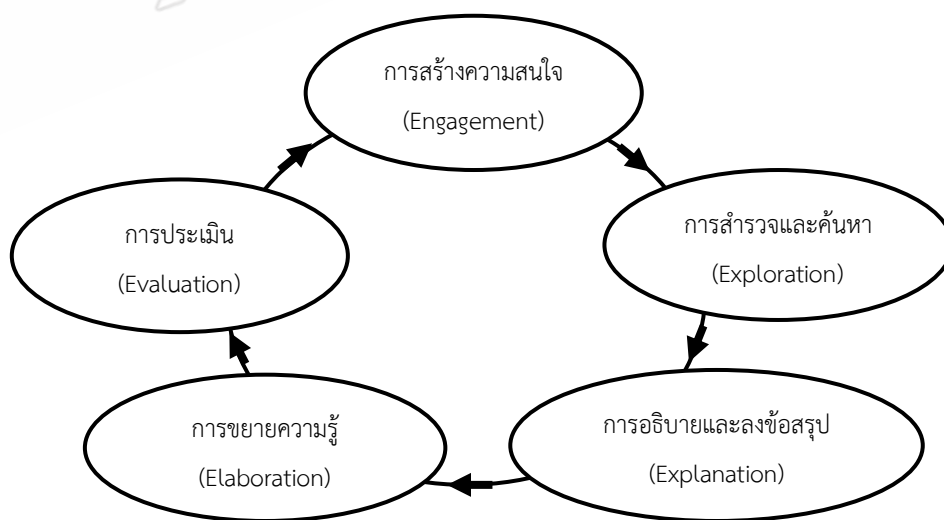
ปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทำการทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลหรือข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รูปภาพ หรือสร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อมูลที่สรุปได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้มีความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการดำเนินกิจกรรมเป็นวงจรที่ต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

สาโรช โศภีรักษ์ (2546: 37) ได้เสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กระตุ้นให้ผู้เรียนมองเห็นปัญหา ผู้สอนพูดคุยกับผู้เรียนให้ผู้เรียนเกิดคำถามและเปิดโอกาสโดยอาจจะสร้างสถานการณ์ เช่น การทดลองเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้ดู ให้นักเรียนดูสื่ออย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น สไลด์ประกอบคำบรรยาย วิดีทัศน์ ของจริง รูปภาพ หรือเรื่องเล่าเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้ฟัง จากนั้นผู้เรียนช่วยกันตั้งสมมติฐานในสาเหตุของปัญหาเหล่านั้น

2. ขั้นสืบสวนสอบสวน ผู้เรียนกำหนดแนวทางด้านค้นคว้าหาคำตอบเหล่านั้น โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งควรจะมีแนวทางหลากหลายวิธีการ จากนั้นผู้เรียนทำการรวบรวมข้อมูล อาจจะโดยการทดลองตามขั้นตอน ในขณะที่รวบรวมข้อมูลหรือการทดลองบันทึกผลตลอดเวลา บางครั้งอาจจะมีกิจกรรมอื่นเพิ่มเติม เช่น การสำรวจ การศึกษานอกสถานที่ การสัมภาษณ์ การปฏิบัติภาคสนาม เป็นต้น

3. ขั้นทดสอบสมมติฐาน เมื่อผู้เรียนสอบสวนข้อมูลแล้วช่วยกันวิเคราะห์ข้อมูลหรือผลที่ได้จากการสืบสวนสอบสวนนั้น แล้วสรุปเป็นข้อมูลเพื่อตอบสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้ตั้งแต่ตอนแรกว่าตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่

4. ขั้นสรุปคำตอบ โดยผู้เรียนและผู้สอนช่วยกันสรุปคำตอบ

5. ขั้นนำไปใช้ ผู้เรียนและผู้สอนวิเคราะห์ข้อสอบที่เกิดขึ้นแล้วช่วยกันอภิปรายว่าจะนำไปใช้ในสถานการณ์ที่ตั้งไว้อย่างไร

Suchman (1966: 90-113) ได้แบ่งขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ขั้นเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ ผู้สอนจัดสร้างสถานการณ์ที่จะให้ผู้เรียนเผชิญ เพื่อเป็นการกระตุ้นการสืบเสาะ อาจเป็นคำพูด คำถามกิจกรรมหรือเป็นการทดลองก็ได้

2. ขั้นคิดค้นสืบเสาะ ขั้นนี้อาจใช้คำถาม คำตอบติดต่อกันไปหรือทำการทดลองใหม่ ศึกษาข้อมูลใหม่หรือผสมผสานวิธีการต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

3. ขั้นสรุปความคิดที่คิดค้นพบใหม่ เป็นการสรุปหรือขยายหรือสร้างแนวคิดรวบยอดขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นความรู้ที่พบขั้นสุดท้าย

Carin and Sund (1980, อ้างถึงใน ประภัสสร แก้วพิลากรมย์, 2554: 28-30) ได้แบ่งวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้

1. แบบ Guided discovery เป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง วิธีนี้ครูและผู้เรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน โดยเตรียมวิธีการปฏิบัติการทดลองไว้แล้ว เป็นระดับที่ง่ายที่สุดเป็นวิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือไว้เรียบร้อยแล้ว นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลอง ทำกิจกรรมตาม

แนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีนำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้ คือ

1.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูเป็นผู้นำอภิปรายโดยตั้งปัญหา

1.2 ขั้นอภิปรายก่อนทำกิจกรรมการทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมติฐาน ครูอธิบายหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองว่ามีวิธีการใช้อย่างไร จึงจะไม่เกิดอันตรายและมีข้อควรระมัดระวังในการทดลองแต่ละครั้งอย่างไร

1.3 ขั้นทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองด้วยตัวเอง ทำกิจกรรมพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

1.4 ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นของการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลอง ในขั้นตอนนี้ครูต้องนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อนำผู้เรียนไปสู่ข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิดหรือหลักการที่สำคัญของบทเรียน

2. แบบ Less guided discovery เป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูวางแผนวิธีนี้ครูมีบทบาททดลองเมื่อเทียบกับวิธีในแบบที่ 1 ผู้เรียนมีบทบาทมากขึ้น เป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่า โดยเป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และให้ผู้เรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง และมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกรูปแบบนี้ว่าวิธีสอนแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory) ซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้ คือ

2.1 สร้างสถานการณ์หรือปัญหา ซึ่งอาจทำโดยการใช้คำถาม ใช้สถานการณ์จริง การสาธิตเพื่อเสนอปัญหา ใช้ภาพปริศนา หรือภาพยนตร์เพื่อเสนอปัญหา

2.2 ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหา ครูแนะแนวทาง แหล่งความรู้

2.3 ผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้

2.4 รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์

3. แบบ Free discovery เป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้วางแผนวิธีนี้ผู้เรียนมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย เป็นระดับที่ซับซ้อนและยากที่สุดเป็นวิธีการที่ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูล ดำเนินการทดลอง ตลอดจนสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง วิธีนี้ผู้เรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาด้วยตนเอง ดังตัวอย่างที่ Carin and Sund (1975) ได้ยกตัวอย่างปัญหาที่ครูถามผู้เรียน เช่น

- ถ้านักเรียนเป็นครูและกำลังสนใจเลือกหัวข้อที่จะศึกษาในภาคเรียนนี้นักเรียนคิดว่าจะศึกษาเรื่องอะไร?

- ปัญหาสำคัญของชุมชนที่นักเรียนสนใจศึกษามีอะไรบ้าง?

- เมื่อนักเรียนประสบปัญหาในชุมชนของนักเรียนเอง เช่น ปัญหามลพิษนักเรียนต้องการอภิปรายเกี่ยวกับอะไร ลองเล่าให้เพื่อนฟังว่าปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร?

เมื่อผู้เรียนกำหนดปัญหาได้ตามความสนใจของตนเองแล้ว ผู้เรียนจึงทำการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แล้วดำเนินการแก้ปัญหา ตลอดจนสรุปผลด้วยตนเอง ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นรายกลุ่มก็ได้ โดยมีครูเป็นที่ปรึกษาให้กำลังใจเท่านั้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมิน

3. จิตวิทยาที่เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีรากฐานมาจากทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget, n.d. อ้างถึงใน เลิศศักดิ์ ประกอบชัยชนะ, 2544: 8) กล่าวถึงพัฒนาการทางสมองของมนุษย์ไว้ว่า ความคิดของมนุษย์ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 การดูดซึม (Assimilation) หมายถึง การรื้อให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในชั้นเรียน โดยใช้ความรู้เดิมเป็นแนวทางในการคิดให้เกิดการเรียนรู้ใหม่และเมื่อความรู้เดิมไม่สามารถนำมาอธิบายปัญหาได้ จะนำไปสู่ขั้นที่ 2

ขั้นที่ 2 การปรับปรุง (Accommodation) หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงขยายโครงสร้างเดิม เพื่อการเรียนรู้ใหม่ โดยการนำมาสัมพันธ์กับโครงสร้างใหม่ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงโครงสร้างเดิม ก็ไม่สามารถรับความรู้ใหม่ได้

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 122) ได้ระบุถึงหลักทางจิตวิทยาซึ่งสนับสนุนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

เด็กจะเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ก็ต่อเมื่อได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการค้นหาคำรู้นั้น ดีกว่าจะให้เด็กรู้จากการบอกเล่า ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อสถานการณ์ช่วยยู่ให้เด็กอยากจะเรียน ไม่ใช่บังคับซึ่งเป็นหน้าที่ของครูโดยตรงที่จะสร้างสถานการณ์ให้เกิดการเรียนรู้และการให้ผู้เรียนได้เรียนโดยใช้ความคิดพิจารณาจะช่วยให้มีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการพัฒนาสมรรถภาพของสมองขั้นสูง

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531: 125-126) ได้กล่าวถึง หลักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นก็ต่อเมื่อได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการค้นหาคำรู้นั้น ๆ ได้มากกว่าการบอกให้รู้

2. การเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อสถานการณ์แวดล้อมในการเรียนรู้นั้นช่วยให้นักเรียนอยากเรียน ไม่ใช่บีบบังคับและผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมที่นำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้า แทนที่จะให้นักเรียนเกิดความล้มเหลว

3. วิธีการสอนของครูจะต้องส่งเสริมความคิดให้นักเรียนคิดเป็น มีความคิดสร้างสรรค์ ให้ออกาสนักเรียนได้แสดงหรือมีความคิดเห็นของตนได้มากที่สุด

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540: 64) กล่าวถึงจิตวิทยาการเรียนรู้ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

1. นักเรียนจะเรียนได้อย่างดียิ่งขึ้นเมื่อได้เกี่ยวข้องกับกระบวนการค้นหาความรู้นั้น โดยตรงมากกว่าที่จะได้รับรู้จากการบรรยาย

2. การเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อสถานการณ์แวดล้อมในการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ ความรู้้อยากทราบข้อเท็จจริง หรือรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งเป็นหน้าที่ของครู โดยตรงที่ต้องจัดกิจกรรมที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้า

3. การให้ผู้เรียนได้เรียนโดยใช้การพิจารณา จะช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นการพัฒนาสมรรถภาพขั้นสูงของสมอง

จากจิตวิทยาพื้นฐานในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวสรุปได้ว่า ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์การช่วยให้ได้ นักเรียนวางแผนกำหนดแนวทางวิธีการในการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง จนกระทั่งได้คำตอบ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดและหลักการต่าง ๆ เข้าด้วยกันอันจะก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด

4. ขั้นตอนและบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546: 45-46) ได้กล่าวถึงขั้นตอนและบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ดังตาราง 1 และตาราง 2 ตามลำดับ

ตาราง 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของผู้เรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์กระตุ้น ยั่วเย้าหรือท้าทายให้ผู้เรียน	1. เชื่อมโยงกับความรู้เดิม	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้ อยากรูเห็น	1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความคิดเห็น

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการ เรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
	สนใจ สงสัย ใคร อยากรู้อยากเห็น หรือขัดแย้ง เกิด ปัญหา ทำให้ ผู้เรียนต้องการ ศึกษา ค้นคว้า ทดลองหรือ แก้ปัญหา(สำรวจ ตรวจสอบด้วย ตัวของผู้เรียน เอง)	2. แปลกใหม่ ผู้เรียนไม่เคยพบมา ก่อน 3) ยั่วๆ ทำทาย น่าสนใจ ใครรู้ 4. เปิดโอกาสให้มี แนวทางการ ตรวจสอบอย่าง หลากหลาย 5. นำไปสู่ กระบวนการ ตรวจสอบด้วยตัว ของผู้เรียนเอง	3. ตั้งคำถามกระตุ้น ให้ผู้เรียนคิด 4. ปล่อยให้เวลาผู้เรียนคิด ก่อนตอบคำถาม หรือไม่เร่งเร็วในการ ตอบคำถาม 5. ดึงเอาคำตอบ หรือความคิดที่ยังไม่ ครอบคลุมสิ่งที่ นักเรียนรู้ 6. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนทำความเข้าใจ กระจ่างในปัญหาที่ จะสำรวจตรวจสอบ	4. กำหนดปัญหา หรือเรื่องที่จะ สำรวจให้ชัดเจน 5. แสดงความ สนใจ
2. ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration)	ครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ ให้ผู้เรียนสำรวจ ตรวจสอบปัญหา หรือประเด็นที่ ผู้เรียนสนใจใคร่รู้	1. ผู้เรียนได้เรียนรู้ วิธีแสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง 2. ผู้เรียนทำงาน ตามคิดอย่างอิสระ 3. ผู้เรียน ตั้งสมมติฐานได้ หลากหลาย 4. พิจารณาข้อมูล และข้อเท็จจริงที่ ปรากฏแล้วกำหนด สมมติฐานที่เป็นไป ได้	1. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้วิเคราะห์ กระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ 2. ถามเพื่อนำไปสู่ การสำรวจ ตรวจสอบด้วย ตนเอง 3. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้ตรวจสอบด้วย ตนเอง 4. ปล่อยให้เวลาผู้เรียนใน การคิดไตร่ตรอง ปัญหา	1. คิดอย่างอิสระ แต่อยู่ในขอบเขต ของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐานที่ เป็นไปได้โดยการ อภิปราย 3. พิจารณา สมมติฐานที่เป็นไป ได้โดยการอภิปราย 4. ระดมความคิด เห็นในการ แก้ปัญหาการ ตรวจสอบ 5. ตรวจสอบ สมมติฐานอย่าง

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการ เรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
		5. ผู้เรียนวางแผน แนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ 6. ผู้เรียนวิเคราะห์ อภิปรายเกี่ยวกับ กระบวนการ สำรวจตรวจสอบ 7. ผู้เรียนได้ลงมือ ปฏิบัติในการ สำรวจตรวจสอบ	5. ฟังการโต้ตอบกัน ของผู้เรียน 6. ทำหน้าที่ในการ ให้คำปรึกษา 7. อำนวยความสะดวก	เป็นระบบขั้นตอน ถูกต้อง 6. บันทึกการ สังเกตหรือผลการ สำรวจตรวจสอบ อย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ 7. กระตือรือร้น มุ่งมั่นในการสำรวจ ตรวจสอบ
3. ชั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation)	ครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ ที่ให้ผู้เรียน วิเคราะห์ อธิบาย ความรู้หรือ อภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความ คิดเห็นซึ่งกัน และกันเกี่ยวกับ สิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือสิ่งที่ค้นพบ เพื่อให้ผู้เรียนได้ พัฒนาความรู้ ความเข้าใจใน องค์ความรู้ที่ได้ อย่างชัดเจน	1. ผู้เรียนได้นำ ข้อมูลที่ได้จากการ สำรวจตรวจสอบ มา 1.1 วิเคราะห์แปล ผล 1.2 สรุปผล สอดคล้องกับ ข้อมูล ถูกต้อง เชื่อถือได้ 1.3 อภิปรายผล อย่างสมเหตุสมผล 1.4 นำเสนอ ผลงานในรูปแบบ ต่าง ๆ	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้อธิบายผลการ สำรวจตรวจสอบ และแนวคิด ฯลฯ ด้วยคำพูดของ ผู้เรียนเอง 2. ให้ผู้เรียน เชื่อมโยง ประสบการณ์และ ความรู้เดิมมาใช้ใน การอธิบาย 3. ให้ผู้เรียนอธิบาย โดยอ้างอิงเหตุผล หลักการทาง วิชาการหรือ หลักฐานประกอบ 4. ให้ความสนใจกับ คำอธิบายของ ผู้เรียน	1. อธิบายการ แก้ปัญหาหรือผล การสำรวจ ตรวจสอบที่ได้ 2. อธิบายผลการ สำรวจตรวจสอบ สอดคล้องกับ ข้อมูล 3. อธิบายโดย อ้างอิงเหตุผล หลักการทาง วิชาการและ หลักฐานประกอบ 4. ฟังการอธิบาย ของผู้อื่นแล้วคิด วิเคราะห์หรืออภิปราย 5. ซักถามเกี่ยวกับ สิ่งที่เพื่อนอธิบาย

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการ เรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
4. ขั้นขยาย ความรู้ (Elaboration)	ครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ ที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้ขยาย หรือเพิ่มเติม ความรู้ความ เข้าใจในองค์ ความรู้ใหม่ให้ กว้างขวาง กระจำจ สมบูรณ์ และลึกซึ้งยิ่งขึ้น	1. ให้ผู้เรียนมี ความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบ ความคิดให้กว้าง ขึ้น 2. ให้ผู้เรียน เชื่อมโยงความรู้ เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ 3. ให้ผู้เรียนนำ ความรู้ใหม่ไปสู่ การศึกษาทดลอง เพิ่มขึ้น 4. ให้ผู้เรียนนำ ความรู้ที่ได้ไป ประยุกต์ใช้ในเรื่อง อื่นหรือ สถานการณ์อื่น	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ขยายแนวคิดและ ทักษะจากการ สำรวจตรวจสอบ 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียน เชื่อมโยงความรู้จาก การสำรวจ ตรวจสอบกับความรู้ อื่น ๆ	1. ใช้ข้อมูลจากการ สำรวจตรวจสอบ ไปอธิบายหรือนำ ทักษะจากการ สำรวจตรวจสอบ ไปใช้ใน สถานการณ์ใหม่ที่ คล้ายกับ สถานการณ์เดิม 2. นำข้อมูลจาก การสำรวจ ตรวจสอบไปสร้าง ความรู้ใหม่ 3. นำความรู้ใหม่ เชื่อมโยงกับความรู้ เดิมเพื่ออธิบาย หรือนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน
5. ขั้น ประเมินผล (Evaluation)	ครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ ที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนวิเคราะห์ วิจารณ์หรือ อภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนองค์ ความรู้ซึ่งกันและ กัน เปรียบเทียบ ประเมิน	1. มีการตรวจสอบ ความถูกต้องของ องค์ความรู้และ กระบวนการที่ได้ โดย 1.1 วิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งกันและกัน 1.2 อภิปราย ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้ง	1. ถามคำถามเพื่อ นำไปสู่การประเมิน 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ประเมิน กระบวนการและ องค์ความรู้ด้วย ตนเอง	1. วิเคราะห์ กระบวนการสร้าง ความรู้ด้วยตนเอง 2. ถามคำถามที่ เกี่ยวข้องจากการ สังเกตหลักฐาน และคำอธิบายซึ่ง อาจนำไปสู่การ

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการ เรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
	ปรับปรุง หรือ ทบทวนใหม่	กระบวนการและ องค์ความรู้ 1.3 เปรียบเทียบ ผลการสำรวจ ตรวจสอบกับ สมมติฐานที่ กำหนดไว้	3. ให้ผู้เรียน วิเคราะห์สิ่งที่ควร ปรับปรุงแก้ไขใน การสำรวจ ตรวจสอบ	สำรวจตรวจสอบ ใหม่ 3 ประเมิน ความก้าวหน้าและ ความรู้ของตนเอง

ตาราง 2 บรรยากาศในการจัดการเรียนเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

บรรยากาศการเรียนการสอนโดยทั่วไป	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียน	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง
1. ไม่เครียด 2. สนุก 3. ไม่สับสน 4. ผู้เรียนคิดอย่างอิสระ 5. ผู้เรียนสนใจ กระตือรือร้น เข้าร่วมกิจกรรม	1. ครูเป็นกันเองกับผู้เรียน 2. ครูยิ้มแย้มแจ่มใส 3. ครูตีชมผู้เรียนอย่าง สร้างสรรค์ 4. ครูให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือผู้เรียน 5. ครูยอมรับฟังความคิดเห็น ของผู้เรียน	1. ร่วมมือในการทำกิจกรรม ช่วยกันคิด ช่วยกันทำงาน 2. อภิปรายแสดงความ คิดเห็นร่วมกัน 3. ยอมรับฟังความคิดเห็น ซึ่งกันและกัน

จากการศึกษาขั้นตอนและบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้และค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ การแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และมีครูผู้สอนคอยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน

5. ข้อดีและประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 12) กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดมากกว่าความจำ
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
3. ทำให้นักเรียนเกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์
4. ทำให้การเรียนการสอนสอดคล้องกับเอกลักษณ์และปรัชญาวิทยาศาสตร์

มากขึ้น

ประจวบจิตร คำจตุรัส (2537: 50) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาและกระบวนการแสวงหาความรู้

2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้มนต์ทางวิทยาศาสตร์ได้รวดเร็ว
3. ช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน
4. ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการแสวงหาจากภายในมากกว่าภายนอก
5. ทำให้ความรู้ที่ผู้เรียนได้รับคงทนและสามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542: 126) กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา

2. นักเรียนได้มีโอกาสได้ฝึกความคิด และฝึกการกระทำ ทำให้นักเรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีก

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้ความคิดรวบยอด และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้มีความเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552: 332) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิด และวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้โมโนติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการสอนวิทยาศาสตร์

สุคนธ์ ลินธพานนท์ (2558: 49-50) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ มีโอกาสได้ศึกษา สำรวจ ค้นหา รวบรวมข้อมูล บันทึก ทดสอบความคิด ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันกับผู้อื่น รู้จักอภิปรายแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

3. ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ความรู้และทักษะ

4. ผู้เรียนรู้จักประเมินการทำงานด้วยตนเอง และนำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

Suchman (1966) ได้เขียนถึงประโยชน์ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จะก่อให้เกิดการเรียนรู้มากกว่าการสอนโดยที่ครูเป็นผู้บอกให้ทั้งหมด หรือมากกว่าที่นักเรียนเรียนรู้จากตำราอย่างเดียว ผู้ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จะมีอิสระในการดูดซึม (Assimilation) ประสบการณ์ต่าง ๆ เอาไว้ นักเรียนมีอิสระที่จะติดตามค้นคว้าหาความรู้และทำความเข้าใจได้ตามต้องการ ตามความอยากรู้อยากเห็นอันเหมาะสมกับระดับความรู้พื้นฐาน

2. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการก่อให้เกิดแรงจูงใจในการค้นหาคำตอบได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนจะรู้สึกสนุกสนาน สามารถร่วมกิจกรรมได้อย่างอิสระ ซึ่งกิจกรรมเหล่านั้นช่วยให้มีการพัฒนาการด้านความคิด มีความรู้มากขึ้นและมีพัฒนาการในด้านการสร้างความคิดรวบยอดอีกด้วย

3. ความคิดรวบยอดที่นักเรียนได้จากการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ น่าจะมีความหมายและคุณค่าสำหรับนักเรียนมากกว่าความคิดรวบยอดที่มีคนอื่นมาบอกให้จำ เพราะ

นักเรียนจะเป็นผู้ค้นพบความคิดรวบยอดต่าง ๆ ด้วยตนเองจากข้อมูล และเชื่อว่าความคิดรวบยอดที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการเช่นนี้จะฝังแน่นและเป็นประโยชน์กับนักเรียนได้นาน

แบบจำลอง

1. ความหมายและลักษณะของแบบจำลอง

นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบจำลอง และลักษณะของแบบจำลองที่แตกต่างกัน ดังนี้

ณัชชฤต เกื้อทาน (2557: 13) สรุปว่าแบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจเป็นพิเศษ ซึ่งปรากฏการณ์ในนี้จะรวมทั้งสิ่งที่เป็นแนวคิด ภาพของจินตนาการ วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือระบบ

กรพิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556: 16) สรุปความหมายของแบบจำลองไว้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของเป้าหมายในการใช้อธิบายแนวคิด ทฤษฎี กฎ เหตุการณ์ กระบวนการหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรงให้สามารถเข้าใจสิ่งเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น

ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552: 13) ได้สรุปความหมายของแบบจำลองไว้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบ เพื่อใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง

Valk *et al.* (2007: 471-472) ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองและรวบรวมลักษณะต่าง ๆ ของแบบจำลองไว้ทั้งหมด 8 ลักษณะ ดังนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย และถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ โดยเป้าหมายอาจจะเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ หรือความคิด ซึ่งจะถูกแสดงออกมาในแบบจำลอง ดังนั้นจึงควรระบุให้ได้ ว่าอะไรคือเป้าหมาย อะไรคือแบบจำลอง

2. แบบจำลองถูกใช้เป็นเครื่องมือในงานวิจัย ซึ่งเป้าหมายไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง (แทนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเป้าหมาย เพื่อสะดวกในการใช้ทำนายผล)

3. แบบจำลองใช้การเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมาย และการเปรียบเทียบทำให้นักวิจัยสามารถเข้าถึงแบบจำลองได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล

4. แบบจำลองมีความแตกต่างจากเป้าหมาย ซึ่งทำให้แบบจำลองสามารถใช้ได้ง่ายกว่า เป้าหมายในงานวิจัยเพื่อให้เป้าหมายสามารถสังเกตได้ เพราะเป้าหมายอาจจะมีขนาดเล็ก

เกินไป ใหญ่เกินไป มีความซับซ้อนเกินกว่าที่จะสังเกตได้เป็นเรื่องของจริยธรรม หรืออุปสรรคทางด้านเทคนิค แบบจำลองจะช่วยเป็นทางเลือกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเข้าถึงเป้าหมายได้

5. การเลือกใช้แบบจำลองจะเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถใช้ได้ง่ายกว่า

6. แบบจำลองยังเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบให้สัมพันธ์กับ

วัตถุประสงค์

7. มีแบบจำลองหลาย ๆ แบบที่ใช้เป้าหมายเดียวกัน เช่น ในชีวิตเคมีกับเคมีจะเรียนในเรื่องโครงสร้างโมเลกุลเหมือนกัน แต่จะใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน

8. แบบจำลองสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

Coll (1999) ได้กล่าวไว้ว่า แบบจำลอง คือ สิ่งทีนักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Gilbert (2004) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่าเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ ซึ่งแบบจำลองจะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริงโดยจะมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะในการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาวิจัย สามารถสรุปความหมายและลักษณะของแบบจำลองได้ดังนี้ คือ แบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออธิบายแนวคิด ภาพของจินตนาการ ทฤษฎี กฎ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตเห็นหรือวัดได้โดยตรงให้สามารถเข้าใจสิ่งนั้นได้ง่ายขึ้น ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์เฉพาะ และสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้

2. ประเภทของแบบจำลอง

แบบจำลองสามารถจำแนกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ดังนี้ พรณวิไล ชมชิด (2550) แบ่งแบบจำลองโดยใช้ลักษณะการแสดงออกของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ในการแบ่งได้ 5 แบบ ดังนี้

1. รูปธรรม (concrete mode) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากวัสดุคงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก เป็นต้น

2. คำพูด (verbal mode) เป็นคำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของข้อความรู้กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำอธิบายเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ กล่าวว่า “พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการที่ธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันในการเกิดพันธะ” เป็นต้น

3. สัญลักษณ์ (symbolic mode) เช่น สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น

4. ภาพ (virtual mode) เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5. ลักษณะท่าทาง (gesture mode) เป็นการไ้การใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น จำลองการบรรจุอิเล็กทรอนิกส์ในออร์บิทัลโดยนักเรียนแสดงบทบาทเป็นอิเล็กทรอนิกส์แล้วบรรจุในช่องออร์บิทัลที่กำหนด เป็นต้น

Gilbert *et al.* (2000: 12) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 9 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองความคิด (Mental model) เป็นจำลองของแต่ละบุคคลเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างทางคิดของบุคคลนั้น ๆ

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) เป็นการแสดงออกถึงแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งอาจจะแสดงออกในรูปแบบของคำพูด ภาพวาด หรือลักษณะท่าทาง เป็นต้น

3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) เป็นแบบจำลองที่ได้จากการยอมรับจากมติภายในกลุ่มว่ามีคุณค่าและมีความเหมาะสม

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการสอบแล้วว่าเป็นสิ่งถูกต้องและกลุ่มประชาคมนักวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับในช่วงเวลานั้น ๆ

5. แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (History model) เป็นแบบจำลองที่ประชาคมนักวิทยาศาสตร์เคยให้การยอมรับมาก่อนใช้เป็นพื้นฐานของแนวคิดในการอธิบายการเรียนรู้ เช่น แบบจำลองอะตอมของดอลตันหรือแบบจำลองอะตอมของทอมสัน

6. แบบจำลองหลักสูตรการศึกษา (Curricular model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการรวมเอาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์มาบรรจุไว้ในหลักสูตรการเรียนการสอนให้มีรูปแบบที่มีความเหมาะสมและง่ายต่อการศึกษา

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจแบบจำลองมติของกลุ่ม แบบจำลองทางประวัติศาสตร์หรือแบบจำลองหลักสูตรการศึกษา ซึ่งอาจจะพัฒนาขึ้นโดยครูหรือนักเรียนก็ได้

8. แบบจำลองผสม (Hybrid model) เป็นแบบจำลองที่ครูสร้างขึ้นจากการรวบรวมเอาแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองหลักสูตรการศึกษาที่มีลักษณะแตกต่าง ๆ กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างกลมกลืนในเรื่องที่ศึกษา เพื่อนำไปใช้ในเอกสารหลักสูตรหรือการสอนในห้องเรียน

9. แบบจำลองวิธีการสอน (Model of pedagogy) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้ในระหว่างการวางแผนการสอน การจัดการเรียนการสอนและการสะท้อนกิจกรรมในห้องเรียน แบบจำลองวิธีการสอนที่ครูสร้างขึ้นนั้นจะต้องตระหนักถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของการสอนวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์

Gilbert (2005: 13) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทตามลักษณะการมีส่วนร่วมของบุคคล

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองหรือภาพในสมองที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือแบบจำลองทางความคิดที่มีการนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นรับรู้ ซึ่งอาจจะแสดงออกในรูปแบบของ คำพูด ภาพวาด หรือลักษณะท่าทาง เป็นต้น

3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากภายในกลุ่มผู้ซึ่งศึกษาเรื่องนั้น ๆ อาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลการทดลองหรือประสบการณ์ของแต่ละกลุ่ม

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือแบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์และมีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ

5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical model) คือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในอดีต

Boulter and Buckley (2000: 41-58) แบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทตามลักษณะการแสดงออกของแบบจำลอง ดังนี้

1. รูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองที่สามารถสัมผัสได้สร้างเป็นสามมิติ ถ้าแบบจำลองนั้นมีลักษณะเหมือนกับเป้าหมายแต่มีสัดส่วนเล็กกว่าจะเรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า “scale model” เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก แต่ถ้าแบบจำลองนั้นมีลักษณะและสัดส่วนไม่เหมือนเป้าหมายแต่มีหน้าที่การทำงานที่สามารถอธิบายเป้าหมายได้ เรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า “functional model” เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ เป็นต้น

2. คำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำพูดหรือคำอธิบายในการบรรยายข้อความรู้ต่าง ๆ กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำพูดในการอธิบายการทำงานของเซลล์เหมือนกับโรงงาน เป็นต้น

3. คณิตศาสตร์ (Mathematical models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สัญลักษณ์หรือสมการคณิตศาสตร์

4. ภาพ (Visual or diagrammatic models) เป็นแบบจำลองที่สามารถมองเห็นได้ในสองมิติ เช่น กราฟ แผนภาพ รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

5. ลักษณะท่าทาง (Gestural models) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวของร่างกาย เพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเดินขึ้นบันไดของนักเรียนเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

3. แบบจำลองทางความคิด

3.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลองทางความคิด นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดที่ต่างกัน ดังนี้

ณัชรฤต เกื้อทาน (2557: 20) ได้อธิบายว่า แบบจำลองทางความคิดมีลักษณะใกล้เคียงกับคำว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์มาก โดยได้ตีความหมายของจำลองทางความคิดว่า เป็นภาพสะท้อนจินตนาการ ระบบ รูปแบบ และโครงสร้างทางความคิด ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ โดยจะแสดงออกมาในรูปของภาษา การเขียน การใช้สัญลักษณ์ การวาดภาพ และการสร้างแบบจำลอง

กรพิทย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556: 19-20) ได้กำหนดความหมายของแบบจำลองทางความคิด ว่าเป็นตัวแทนของความคิด ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคล ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะสร้างแนวคิดหรือความรู้ต่าง ๆ เพื่อใช้อธิบายหรือบรรยายสิ่งที่ศึกษา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียนและสิ่งแวดล้อมภายนอก

ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552: 23-24) ได้สรุปความหมายและลักษณะแบบจำลองทางความคิดไว้ว่าหมายถึง ภาพวาด (drawing) ภาษา (verbal report) สัญลักษณ์ (symbol) ลักษณะท่าทาง (gesture) หรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้น (object) ตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ เพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ

Norman (1983: 7-14) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นระบบเป้าหมาย ซึ่งกลุ่มประชาคมหรือแต่ละบุคคลสร้างขึ้นเพื่อพยายามใช้ในการเรียนรู้แบบจำลองแนวคิด ซึ่งเป็นระบบที่สร้างโดยนักวิทยาศาสตร์หรือครูที่คิดว่ามีลักษณะที่เหมาะสม ถูกต้อง มีความคงที่และสมบูรณ์ โดยแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจะได้รับอิทธิพลมาจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคลและสถานการณ์เป้าหมายหรือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

Harrison and Treagust (1996: 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการอธิบาย เพื่อทำความเข้าใจในแนวคิดของแต่ละบุคคล

Buckley and Boulter (2000: 120) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นสิ่งที่อยู่ภายในซึ่งแสดงถึงระบบของการรับรู้ในการใช้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยการบรรยาย อธิบาย ทำนาย และในบางครั้งเป็นสิ่งที่ควบคุมระบบของการรับรู้

Jonassen and Cho (2008: 145) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดไว้ว่าเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นภายในสมอง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ในธรรมชาติ

โดยสรุปแล้วในงานวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดความหมายของแบบจำลองทางความคิดว่าเป็นตัวแทนของความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้น ไม่ว่าจะเป็นภาพวาด ภาษา หรือสัญลักษณ์ เพื่อใช้อธิบาย บรรยาย หรือให้เหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษา ทั้งนี้ขึ้นกับอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละบุคคลและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

3.2 ประเภทของแบบจำลองทางความคิด การจำแนกประเภทของแบบจำลองทางความคิดได้มีนักวิจัยและนักการศึกษาได้แบ่งประเภทแบบจำลองทางความคิด ซึ่งแต่ละคนมีเกณฑ์ในการจำแนกแบบจำลองทางความคิดต่างกันดังนี้

Briggs (2006: 1-5) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องสมดุลเคมี และได้แบ่งองค์ประกอบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนออกเป็น 5 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบแบบคงที่ ได้แก่ แนวคิด กฎและภาษาที่ใช้ ความสัมพันธ์ต่าง ๆ และผลลัพธ์ และองค์ประกอบแบบพลวัต ได้แก่ การดำเนินการ มีรายละเอียด ดังนี้

1. แนวคิด (concept) ที่สำคัญ เช่น เรื่องสมดุลเคมี มีแนวคิดที่สำคัญ ได้แก่ ปฏิริยาไปข้างหน้า, ปฏิริยาย้อนกลับ, อัตราการเกิดปฏิริยา ณ ภาวะสมดุล การเกิดสมดุลเคมี ลูกศรแสดงปฏิริยาเคมี ความเข้มข้น จุดสมดุล และผลของตัวเร่งปฏิริยา

2. กฎและภาษาที่ใช้ (rules and syntax) ในวิชาเคมีเราจะเขียนสูตรของสารตั้งต้นทั้งหมดไว้ทางซ้ายมือของสมการและเขียนสูตรของผลิตภัณฑ์ทุกชนิดไว้ทางขวามือของสมการ ภาษาข้างต้นจะทำให้เราเข้าใจปฏิริยาเคมีง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีกฎการเรียกชื่อสารประกอบและการกำหนดเครื่องหมายต่าง ๆ

3. ความสัมพันธ์ต่าง ๆ (Relations) มีการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางทฤษฎีและเรื่องจริงในโลก จะทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิด แผนผังความคิด (concept maps) เช่น สารตั้งต้นเกิดจากผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์เกิดจากสารตั้งต้น (ปฏิริยาย้อนกลับ) แล้วเกิดเป็นสารตั้งต้นอีกครั้ง เป็นต้น

4. ผลลัพธ์ (Results) เป็นผลพวงจากการใช้กฎและภาษา สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดและความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อใช้แบบจำลองทางความคิดในการทำนายผลลัพธ์

5. การดำเนินการ (Operation) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดของแบบจำลองทางความคิดของเรื่องสมดุลเคมี เรียกว่ากระบวนการเข้าสู่ภาวะสมดุล

Boulter and Buckley (2000) แบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดตามขั้นตอนของการเป็นตัวแทน มี 2 ประเภท คือ แบบจำลองทางความคิดภายใน (Internal model)

และแบบจำลองทางความคิดภายนอกหรือแบบจำลองแสดงออก (Expressed model or external model) เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม สัญลักษณ์ ภาพ ลักษณะท่าทาง และคำพูด เป็นต้น

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองทางความคิดนั้นสามารถจำแนกได้หลายประเภททั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับความหมายที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นว่า แบบจำลองทางความคิด หมายถึง ภาพวาด ภาษา หรือสัญลักษณ์ ที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนเหตุการณ์ หรือแนวคิด เพื่ออธิบาย หรือให้เหตุผลเกี่ยวกับสมมูลเคมี

3.3 การวัดแบบจำลองทางความคิด การวัดแบบจำลองทางความคิดเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้นอย่างไร และมีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน พบว่าสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ (Harrison and Treagust, 1996; Khan, 2007; Jonassen and Cho, 2008) การใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552; ภรพิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556; ณัษชฤต เกื้อทาน, 2557) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแบบข้อความปลายเปิด (Open-end) ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เขียนเหตุผลอธิบายและคิดหาเหตุผลในการตอบคำถาม

แบบจำลองทางความคิดมีลักษณะที่ซับซ้อนไม่ชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องใช้ข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งมาประกอบกัน เพื่อให้ข้อมูลของแบบจำลองทางความคิดที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยเครื่องมือที่นักวิจัยนำมาใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิดนั้นมีดังต่อไปนี้ คือ แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open-ended questions) วิธีนี้ส่วนมากแล้วจะให้วาดภาพและเขียนบรรยายประกอบพร้อมด้วย การสัมภาษณ์โดยใช้คำถามทะลอม (Interviews with probing questions) วิธีนี้โดยปกติแล้วจะให้วาดภาพและเขียนบรรยายเพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมประกอบ (Interviews with pictorial or concrete models) วิธีการนี้จะเป็นการลวงความคิดโดยให้แสดงออกผ่านการเลือกรูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมซึ่งประกอบการสัมภาษณ์โดยใช้ปัญหา (Interviews with problems presented) วิธีการนี้จะใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ประกอบการสัมภาษณ์ และการสังเกตในห้องเรียน (Classroom observations) วิธีการนี้จะเข้าไปสังเกตสถานการณ์ภายในห้องเรียน ซึ่งเครื่องมือในการวัดแบบจำลองทางความคิดแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามชนิดปลายเปิด

โดยทั่วไปแล้ววิธีการตอบคำถามจะมีรูปแบบคล้ายกับคำถามในการสัมภาษณ์ ซึ่งการใช้แบบสอบถามปลายเปิดจะทำให้ได้ข้อมูลมากกว่าการตอบแบบสอบถามชนิดปลายปิด หากผู้เรียนสมัครใจหรือเต็มใจในการตอบ เนื่องจากการใช้แบบสอบถามปลายปิดนั้นผู้วิจัยไม่สามารถที่จะทะลอม เพิ่มเติมเมื่อคำตอบหรือเหตุผลของผู้เรียนไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามทั้งการใช้

แบบสอบถามชนิดเลือกตอบ และแบบสอบถามชนิดปลายเปิดนั้น สามารถที่จะใช้ในการล้วงความคิดในตอนเริ่มต้นของผู้เรียนได้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาไปเป็นคำถามในการสัมภาษณ์ (Ogan-Bekiroglu, 2007) โดยส่วนมากแล้วในการสำรวจแบบจำลองความคิดจะใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เป็นหลัก เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ในการสัมภาษณ์ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ถูกสัมภาษณ์นั้น จะทำให้มีการปรับเปลี่ยน ได้ตามความเหมาะสม โดยที่ผู้สัมภาษณ์ที่จะใช้คำถามแต่ละข้อเพิ่มเติมได้หรือปรับเปลี่ยนคำถามได้ อาศัยจากพื้นฐานของคำตอบจากผู้ถูกสัมภาษณ์

2. การสัมภาษณ์โดยใช้คำถามระดมและการวาดภาพ

การสัมภาษณ์จะสามารถทำให้ผู้วิจัยล้วงแบบจำลองความคิดผู้เรียนของระบบเป้าหมายได้ ยกตัวอย่างเช่น โครงสร้างของอะตอมหรือพันธะเคมีโดยใช้การระดมด้วยคำถาม ผู้วิจัยสามารถที่จะระดมถึงรายละเอียดของแบบจำลองความคิดผู้เรียนได้ อาทิเช่น การถามผู้เรียนเพื่อให้อธิบายถึง ความคิดเกี่ยวกับทะเลอิเล็กตรอน (Sea of electrons) ในขณะที่กำลังอธิบายถึงการเกิดพันธะโลหะ (Taber, 2003) โดยปกติแล้วจะใช้การวาดภาพควบคู่ไปกับการสัมภาษณ์ เนื่องจากหากเลือกใช้เพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลแบบจำลองความคิดของผู้เรียนค่อนข้างจำกัด รวมทั้งการใช้ควบคู่กันทั้ง 2 วิธีจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความตรงและความเที่ยงมากขึ้นอีกด้วย เนื่องจากเมื่อวาดภาพ แล้วอาจจะสัมภาษณ์เพิ่มเติมโดยถามว่าเพราะเหตุใดผู้เรียนจึงวาดภาพหรือเขียนออกมาในลักษณะเช่นนี้ (White and Gunstone, 1992) ประโยชน์ของวิธีการนี้ก็คือสามารถที่จะล้วงแบบจำลองที่แสดงออกของผู้เรียนได้โดยตรงจากการวาดภาพว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับปรากฏการณ์ของสิ่งที่มีขนาดเล็กมากซึ่งมองไม่เห็น ยกตัวอย่าง เช่น วาดภาพอะตอมหรือวาดภาพไอออนแสดงการเกิด พันธะ (Harrison and Treagust, 2000; Coll and Treagust, 2001; Coll, 2008) หรืออนุภาคของสารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง (Williamson and Abraham, 1995) อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้ก็มีข้อจำกัดสำหรับผู้เรียนบางคนเนื่องจากทำให้มีความรู้สึกกดดัน เพราะจะต้องทั้งอธิบายและวาดภาพประกอบด้วย

3. การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมประกอบในการเลือก

การสัมภาษณ์ด้วยวิธีนี้เป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งในการระดมผู้เรียนเพื่อถึงความเข้าใจที่ลึกซึ้งของผู้เรียนเกี่ยวกับแบบจำลองหรือแนวคิดที่มีความเฉพาะเจาะจงโดยการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเลือกแบบจำลองที่ตนเองชอบ ที่เคยเห็นหรือที่เคยได้ยินในห้องเรียนจากแบบจำลองที่กำหนดให้ และส่วนใหญ่แล้วแบบจำลองที่นำมาใช้ประกอบในการสัมภาษณ์นั้นจะคัดเลือกมาจากหนังสือเรียน หรือสื่อการเรียนรู้อื่นๆ จากนั้นจะใช้คำถามระดมให้ผู้เรียนได้ อธิบายถึงเหตุผลในการเลือกแบบจำลองว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองความคิดของผู้เรียนอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น ให้นักเรียน เลือกแบบจำลองโมเลกุลของน้ำระหว่างแบบจำลองชนิด space-

filling และ ball-stick (Harrison and Treagust, 1996) หรือให้นักเรียนเลือกแบบจำลองของอะตอม (Harrison and Treagust, 1996; Coll and Treagust, 2001) หรือให้นักเรียนเลือกแบบของการเกิดพันธะเคมี (Coll and Treagust, 2001; Coll, 2008)

4. การสัมภาษณ์โดยใช้ปัญหา

วิธีการสัมภาษณ์ 2 วิธี ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะมุ่งประเด็นไปที่การตรวจสอบ แบบจำลองความคิดของผู้เรียนในส่วนที่เป็นเนื้อหา (Harrison and Treagust, 1996; Taber, 2003) แต่ถ้าต้องการล้างแบบจำลองความคิดของผู้เรียนว่าผู้เรียนมีการนำเอาแบบจำลองความคิดไปใช้ใน การทำนายและอธิบายปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไรนั้นในงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าจะนิยม ใช้อยู่ 2 เทคนิคด้วยกัน คือการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ (Interview-about-events; IAE) และการทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย (Prediction-observation-explanation; POE) ซึ่งในแต่ละเทคนิค มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์

การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิด ที่มีความจำเพาะเจาะจงด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์หรือชุดของแผนภาพประกอบในการ สัมภาษณ์ ซึ่งจะเริ่มจากการแสดงแผนภาพเกี่ยวกับปัญหาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สนใจให้กับ ผู้เรียนดู จากนั้นให้ผู้เรียนประเมินและแสดงผลภายใต้เงื่อนไขของปัญหาหรือบริบทนั้น ๆ รวมทั้ง ให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงความเข้าใจและแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในการศึกษา แบบจำลองความคิดที่เกี่ยวกับพันธะโลหะซึ่งให้ผู้เรียนอธิบายถึงความสามารถการนำไฟฟ้าของ ลวดทองแดงโดยเปรียบเทียบกับแท่งแก้วและให้อธิบายสมบัติความเป็นโลหะ (Coll and Treagust, 2003) จากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถอธิบายสมบัติดังกล่าวได้โดยใช้แบบจำลองแนวคิดที่มี ความคุ้นเคยมาใช้ในการอธิบาย เช่น แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน แต่อย่างไรก็ตามความสามารถใน การอธิบายและความเข้าใจที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นมีค่อนข้างจำกัด (Coll and Treagust, 2001; Coll, 2008)

4.2 การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย

การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจ ของผู้เรียน โดยในขั้นตอนแรกให้ผู้เรียนได้ทำนายถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดก่อนการทำกิจกรรมพร้อมทั้งให้ เหตุผลประกอบ หลังจากนั้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือสาธิตให้ดูแล้วให้สังเกตถึงสิ่งที่เกิดขึ้นอย่าง ละเอียดและให้อธิบายว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร สุดท้ายให้ผู้เรียนอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้กับสิ่งที่สังเกตเห็นและให้อธิบายถึงเหตุผล เทคนิคนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึง แบบจำลองความคิดของผู้เรียนเท่านั้นแต่จะทำให้เห็นถึงการทำนายของเหตุการณ์ภายใต้เงื่อนไข ดังกล่าวด้วย ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน

(Chiu, Chou and Liu, 2002) โดยถามเพื่อให้นักเรียนทำนายพร้อมทั้งให้เหตุผลถึงสิ่งที่เกิดขึ้นว่า นักเรียนจะสังเกตเห็นอะไรเมื่อนำหลอดทดลองที่มีสารละลายของ $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ จุ่มลงในน้ำร้อน ในขณะที่ผู้เรียนกำลัง สังเกตและอธิบายนั้นอาจจะใช้คำถามเพื่อถามนำก็ได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลง ทางกายภาพหรือทางเคมีเพราะอะไรหรือสมดุลเคมีที่เกิดขึ้นเป็นสมดุลชนิดใด

นอกจากนี้ Jonassen and Cho (2008: 146-148) ได้แบ่งประเภทของการวัด แบบจำลองทางความคิดออกเป็น 5 วิธี ได้แก่

1. การแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นการวัดทางอ้อม แบบจำลองทางความคิดเป็นการเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การหาข้อสรุป และการทำนายของแต่ละคน ซึ่งแต่ละคนก็จะมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาในเรื่องเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้โดยดูจากผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. ภาษา (Verbal report) เป็นการวัดโดยตรง ซึ่งการวัดแบบจำลองทางความคิดโดยใช้ภาษาสามารถวัดได้โดยการสัมภาษณ์ การอธิบาย หรือ คิดออกเสียง (think-aloud protocols)

3. การวาดรูป (Drawing) เป็นภาษารูปแบบหนึ่งแต่ไม่ใช่คำพูด การวาดรูปอย่างเดียวอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการตีความ ดังนั้นจึงควรมีการอธิบายเพิ่มเติมในสิ่งที่วาดด้วย

4. การจำแนกประเภท (categorization) เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางความคิดมีการสร้างและพัฒนาอย่างไร

5. การเขียนแผนผังความคิด (Concept map) โดยจะสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้โดยการพิจารณาจากแนวคิดแต่ละแนวคิดที่มีความเชื่อมโยงกัน

ในการวิจัยครั้งนี้การสังเกตความคิดและความเข้าใจของนักเรียนเรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้วาดภาพแบบจำลองความคิด เรื่องสมดุลเคมีพร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษามีจำนวนไม่มาก และให้ได้ข้อมูลเชิงลึกของแบบจำลองความคิดนักเรียนรวมทั้งเพื่อให้ข้อมูลที่มีความตรงและความเที่ยง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งที่สำคัญไม่น้อยกว่าการจัดการเรียนการสอน เพราะ การที่จะรู้ว่าผู้เรียนรอบรู้เพียงใด ต้องใช้กระบวนการวัดและประเมินผล ซึ่งมีวิธีที่หลากหลาย หนึ่งในนั้นคือ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถทางสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับ ประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีนวัตผลการศึกษามากมายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

นิภา เมธาวิชัย (2536: 65) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ และทักษะที่ได้รับ ก่อให้เกิดการพัฒนา มาจากการเรียนการสอนการฝึกฝนและได้รับการอบรมสั่งสอนโดยครู อาจารย์เครื่องมือวัดผล ช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542: 295) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้ จากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อย ก่อนที่จะมีการเรียนรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2549: 15) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญที่จะเป็นตัวชี้วัดว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ไว้หรือไม่ และผลที่ออกมาจะเป็นไปตามสภาพจริงและทำให้เกิดผลกับผู้เรียน

ทิตินา แชมมณี (2550: 10) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ การพัฒนาทักษะในการเรียน อาจพิจารณาได้จากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายหรือทั้งสองอย่าง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556: 165) กล่าวว่า ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณหรือคุณภาพของความรู้ความสามารถ พฤติกรรม หรือลักษณะทางจิตใจ ไปในทิศทางที่พึงประสงค์ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร อันเป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนการสอนที่ผู้สอนจัดขึ้น

Good (1973: 7) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การเข้าถึงความรู้หรือพัฒนาทักษะทางการเรียน ซึ่งโดยปกติพิจารณาจากคะแนนสอบ หรือคะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้งสองอย่าง

Klopper (1971: 574-580) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่เกิดจากความสามารถทางสมองหรือด้านสติปัญญาของนักเรียนเมื่อผ่านการเรียนการสอนแล้ว ซึ่งมี 4 ด้าน ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านความรู้
2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ
3. พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถสรุปได้ว่า หมายถึง ความรู้ ความสามารถ และทักษะของผู้เรียนที่เกิดขึ้นหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2540: 8) ได้ยึดแนวทางของ Kolpfer ในการประเมินผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ ความคิดโดยวัดพฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

กระทรวงศึกษาธิการ (2545: 46-51) ได้ยึดแนวทางของ Kolpfer ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จากพฤติกรรม 4 ด้าน และมุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีความจำในเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ที่ควรวัดและประเมินผล จำแนกเป็น 9 ประเภท ได้แก่

1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ สามารถสังเกตได้โดยตรงและทดลองแล้วจะได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง

1.2 ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ เป็นการนำความรู้ที่เกี่ยวกับความจริงหลาย ๆ ส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเป็นความรู้ใหม่

1.3 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ เป็นหลักอ้างอิงซึ่งได้มาจากการนำมโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์ ที่เกี่ยวข้องกันมาผสมผสานอธิบายเป็นความรู้ใหม่

1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง เป็นการตกลงร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ในการใช้อักษรย่อและเครื่องหมายต่าง ๆ แทนคำพูดเฉพาะ

1.5 ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนของปรากฏการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติที่มีการเกิดขึ้นหมุนเวียนซ้ำ ๆ กันจนกลายเป็นวัฏจักรที่นักวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายถึงขั้นตอนของปรากฏการณ์เหล่านั้นได้

1.6 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติต้องมีมาตรฐานสำหรับการแบ่งประเภท ซึ่งผู้ที่ศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ควรจะรู้

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ เน้นเฉพาะความสามารถที่จะบอกถึงสิ่งที่นักเรียนรู้อยู่เท่านั้น และความรู้นี้ได้มาจากการอ่านหนังสือ หรือการบอกเล่าของครู ไม่ใช่ความรู้ที่ได้มาจากระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.8 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ศัพท์วิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยนิยามต่าง ๆ และการใช้ศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี ข้อความที่ใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีอะตอม และทฤษฎีวิวัฒนาการ

2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ความจำซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา เมื่อผู้เรียนได้เรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งมา และเมื่อได้รับข้อมูลของอีกสิ่งหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันก็สามารถอธิบายสิ่งนั้นได้

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง หลักการและทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง

3. พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี รวมทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมอง ระดับความรู้ความสามารถและทักษะทางวิชาการของผู้สอบจากการเรียนรู้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะได้ทราบว่าผู้สอบมีความรู้อะไรบ้าง มากน้อยเพียงใด เมื่อผ่านการเรียนไปแล้ว (อัมพวา รักบิดา, 2549: 28) มีผู้รู้หลายท่านได้กล่าวถึง ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543: 20) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาวิชาที่เรียนผ่านมาแล้วว่านักเรียนมีความรู้ความสนใจเพียงใด ดังเช่น การวัดผลการเรียนการสอนในชั้นเรียนในปัจจุบัน

บุญชม ศรีสะอาด (2545: 53) ได้ให้ความหมายแบบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชา

ต่าง ๆ ที่โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ อาจจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินใจว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

สิริพร ทิพย์คง (2545: 193) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านสมองด้านต่าง ๆ ในเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

พิชิต ฤทธิ์จรรยา (2549: 96) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สมนึก ภัททิยธานี (2549: 73-98) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านมาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

ศิริชัย กาญจนวาสิ (2556: 165) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวัด และประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียน ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้สอนทราบว่า ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ ความสามารถ ถึงระดับ มาตรฐานที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือยัง หรือมีความรู้ความสามารถถึงระดับใด หรือมีความรู้ ความสามารถดีเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนที่เรียนด้วยกัน

Bloom *et al.* (1956, อ้างถึงใน วรณทิพา รอดแรงคำ, 2544: 8) กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนการสอน โดยใช้วัตถุประสงค์ด้านพุทธิพิสัย โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน คือ ความรู้ การใช้ความรู้ และการขยายความรู้ (Meng และ Doran, 1993) ซึ่งทั้ง 3 ด้านมีความเชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ของ Bloom ดังนี้

1. ด้านความรู้ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของ Bloom ได้แก่ ด้านความรู้ ความจำ

2. ด้านการใช้ความรู้ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของ Bloom ได้แก่ ด้านความเข้าใจ และการนำไปใช้

3. ด้านการขยายความรู้ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของ Bloom ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

Bloom (1965: 201) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดไว้ 6 ขั้น ดังนี้ คือ

1. ความรู้ความจำ หมายถึง การที่นักเรียนระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ กฎเกณฑ์ หรือทฤษฎีจากตำรา หรือการที่นักเรียนท่องจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วโดยตรง ซึ่งจัดได้ว่าเป็นขั้นที่ต่ำที่สุด

2. ความเข้าใจ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียน หรือการแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่าง ๆ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นที่สูงกว่าการท่องจำตามปกติอีกขั้นหนึ่ง

3. การนำไปใช้ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์ที่คล้ายกัน ซึ่งรวมถึงความสามารถในการเอากฎ มโนทัศน์ หลักสำคัญ วิธีการนำไปใช้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่านักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดีเสียก่อน จึงจะนำความรู้ไปใช้ได้ ดังนั้นจึงจัดอันดับให้เป็นขั้นที่สูงกว่าความเข้าใจ

4. การวิเคราะห์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถแยกแยะเนื้อหาวิชาลงไปเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ เพื่อที่จะได้มองเห็นหรือเข้าใจความเกี่ยวข้องต่าง ๆ ในขั้นนี้จึงรวมถึงการแยกแยะหาส่วนประกอบย่อย ๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ ตลอดจนหลักสำคัญต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนต้องเข้าใจทั้งเนื้อหาและโครงสร้างของบทเรียน ในขั้นนี้ถือว่าสูงกว่าการนำเอาไปใช้

5. การสังเคราะห์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถที่จะนำเอาส่วนย่อย ๆ มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ การสังเคราะห์จึงเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหาที่ยาก การเรียนรู้ในระดับนี้ เป็นการเน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ อันที่จะสร้างแนวคิดหรือแบบแผนใหม่ ๆ ขึ้นมา ดังนั้นการสังเคราะห์เป็นสิ่งที่สูงกว่าการวิเคราะห์อีกขั้นหนึ่ง

6. การประเมินค่า หมายถึง การที่นักเรียนสามารถที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคำพูด นวนิยาย บทกวี หรือรายงานการวิจัย การตัดสินใจดังกล่าวจะต้องวางแผนอยู่บนเกณฑ์ที่แน่นอน เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะเป็นสิ่งที่นักเรียนคิดขึ้นมาเอง หรือนำมาจากที่อื่นก็ได้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นการเรียนรู้ขั้นสูงสุด

Klopfers (1971, อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบูลย์, 2542: 295-304) ได้กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ
2. ความเข้าใจ

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ประวิตร ชูศิลป์ (2524: 25) กล่าวว่า เพื่อความสะดวกในการประเมินผล จึงได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับเป็นเกณฑ์วัดความสามารถด้านต่าง ๆ ออกเป็น 4 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนหรือศึกษามาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถอธิบายความหมายขยายความและแปลความรู้ โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านการนำไปใช้ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถนำความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล ทักษะในการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะในการตั้งสมมติฐาน ทักษะในการทดลอง และทักษะการในตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จากความหมายข้างต้นจึงสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถและทักษะของผู้เรียน ผ่านกระบวนการและขั้นตอน การเรียนรู้ ว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในระดับใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อทดสอบความรู้และความสามารถในการเรียนรู้วิชาเคมีของผู้เรียนแต่ละบุคคลสร้าง ขึ้นตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์ ดังนั้นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวิจัยครั้งนี้จึงหมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาเคมีของแต่ละบุคคล ซึ่งวัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องสมดุลเคมี ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยพิจารณาให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

4. หลักการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบดังนี้ Ebel and Frisbie (1965: 57-80 อ้างถึงใน สุदारัตน์ อะหลีแอะ, 2558: 39-40)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ ในการเรียนการสอนอาจมีการสอบหลายครั้ง เช่น ทดสอบย่อยระหว่างเรียน ทดสอบรวมปลายภาคเรียน ทดสอบเพื่อวินิจฉัย ทดสอบเพื่อคัดเลือก เป็นต้น ครูจะต้องกำหนดว่าจะใช้แบบสอบเพื่อจุดมุ่งหมายใด เมื่อไร เพื่อจะได้ออกข้อสอบที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการ

2. กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น ในการสอบแต่ละครั้งครูจะต้องกำหนดว่าจะวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยหรือทักษะพิสัย การทดสอบความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน จำนวนข้อสอบในเนื้อหาสาระแต่ละตอนจะต้องสัมพันธ์กับน้ำหนักความสำคัญ และเนื้อหาในตอนนั้น ๆ วิธีการที่จะช่วยให้บรรลุจุดมุ่งหมายนี้คือ การจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. เลือกรูปแบบข้อสอบ ประเภทของข้อสอบที่ใช้ขึ้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสอนและองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะเนื้อหาวิชาธรรมชาติของผู้สอบ เป็นต้น ข้อสอบแต่ละแบบจะมีลักษณะเด่นและลักษณะด้อยแตกต่างกันไป

4. เวลาที่ใช้ในการสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการสอบ เช่น ทดสอบย่อยหรือทดสอบรวม ระดับชั้นของผู้เรียน ธรรมชาติของวิชา โดยทั่วไปเวลาสอบที่มีความยาวจะมีค่าความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอนที่จะออกข้อสอบ ข้อสอบควรเป็นตัวแทนของสิ่งที่ได้สอบไปแล้ว แต่ในการสอบบางครั้งนั้น ไม่สามารถที่จะวัดได้ครบทุกจุดประสงค์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของสิ่งที่สอนไปแล้วมาสอบวัด

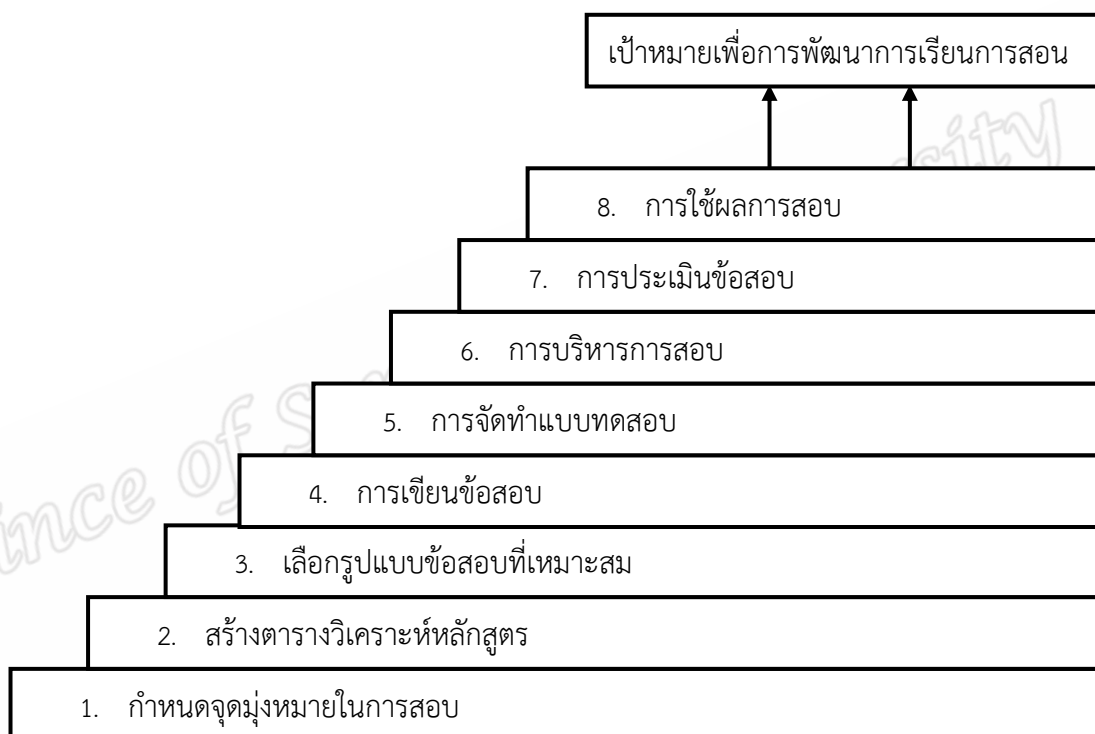
6. ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด ข้อสอบจะมีความยากง่ายระดับใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้แบบสอบ ถ้าต้องการใช้แบบสอบเพื่อวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียน หรือถ้าเป็นแบบสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียน ข้อสอบควรมีความยากง่ายปานกลาง เพื่อให้นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งตอบถูก และนักเรียนอีกครึ่งหนึ่งตอบผิด ทำให้ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง

7. กำหนดวิธีการตอบแบบสอบของนักเรียน ในบางครั้งแบบสอบจะมีข้อสอบหลาย ๆ รูปแบบ เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติม ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบลงมือปฏิบัติหรือข้อสอบอัตนัย ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบให้

ชัดเจน เช่น ให้ทำในตัวข้อสอบหรือให้ตอบในกระดาษคำตอบ โดยแยกเป็นตอน ไม่ปะปนกัน ทั้งนี้ครูต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อม ๆ กันด้วย เช่น ตรวจด้วยมือหรือตรวจด้วยเครื่อง

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะ แจกแจง และแปลความหมายคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบทดสอบมี 8 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบทดสอบ

ที่มา: Gronlund & Linn (1990: 10, อ้างถึงในปราณี ทองคำ, 2539: 21)

สมนึก ภัททิยธนี (2549: 218-220) ได้กล่าวถึง หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์ แล้วใส่เครื่องหมายปรกตินี้ ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาสองแง่หรือข้อความไม่ต่อกัน หรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

2. เน้นเรื่องที่จะถามให้ชัดเจนและตรงจุดไม่คลุมเครือ เพื่อว่าผู้อ่านจะไม่เข้าใจไขว้เขว สามารถมุ่งความคิดในคำตอบไปถูกทิศทาง
3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด หรือถามในสิ่งที่ตั้งถามมีประโยชน์ คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมในสมองได้หลาย ๆ ด้าน ไม่ใช่คำถามเฉพาะความจำหรือความจริงตามตำรา แต่ต้องถามให้คิดหรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่
4. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรอย่างยิ่ง เพราะปกติผู้เรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถาม และคำตอบที่ถามกลับ หรือปฏิเสธซ้อนผิดมากกว่าถูก
5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้เป็นเงื่อนไขในการคิดก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคำถาม จะช่วยให้คำถามรัดกุมชัดเจนขึ้น
6. เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพจน์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือมีทิศทางแบบเดียวกัน หรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน
7. ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ ได้แก่ คำตอบที่เป็นตัวเลขทศนิยม เรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาคำตอบได้สะดวก ไม่หลง และป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก
8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่า ไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมด ผิดหมดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้
9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว แต่บางครั้งผู้ออกข้อสอบคาดไม่ถึงว่าจะมีปัญหา หรืออาจจะให้ตัวลวงไม่รัดกุม จึงสามารถมองตัวเลือกเหล่านั้นได้อีกแง่หนึ่ง ทำให้สับสนได้
10. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกต้องหรือผิดตามหลักวิชาการ คือ กำหนดตัวถูกหรือผิด เพราะสอดคล้องกับความเชื่อของสังคมหรือค่านิยมทั่วไป ๆ ไปไม่ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งให้ผู้เรียนทราบความจริงตามหลักวิชาการเป็นสำคัญ จะนำความเชื่อ โศกลางหรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้
11. เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกันพยายามอย่าให้ตัวเลือกตัวใดตัวหนึ่งเป็นส่วนหนึ่งหรือส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวอิสระจากกันอย่างแท้จริง
12. ควรมีตัวเลือก 4-5 ตัวเลือก เพราะถ้าออก 2 ตัวเลือกจะกลายเป็นข้อสอบถูกผิด และเพื่อป้องกันไม่ให้เดาคำตอบได้ง่าย ๆ จึงควรมีตัวเลือกมาก ๆ หากเป็นข้อสอบระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 ควรใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-6 ควรใช้ 4 ตัวเลือก แต่ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป ควรใช้ 5 ตัวเลือก
13. อย่าแนะนำคำตอบ ซึ่งการแนะนำคำตอบมีหลายกรณี ดังนี้
 - 13.1 คำถามข้อหลัง ๆ แนะนำคำตอบข้อแรก ๆ

13.2 ถามเรื่องให้ผู้เรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภทคำ
ฟังเพย สุภาชิต คติพจน์หรือคำเตือนใจ

13.3 ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้
ชัด เพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้อาจจะเดาได้ถูก

13.4 ข้อความของตัวถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก

13.5 เขียนตัวถูกหรือตัวลวงถูกหรือผิดเด่นชัดเกินไป

13.6 คำตอบไม่กระจาย

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556: 173-190) กล่าวถึง ขั้นตอนของการสร้างและพัฒนา
แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบโดยต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการ
เรียนรู้ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และ
แนวทางการสร้าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพ ประกอบด้วย

2.1 การวางแผนการทดสอบ ควรมีการทดสอบอย่างน้อย ภาคเรียนละ 2
ครั้ง

2.2 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบสอบอิงกลุ่ม แบบสอบ
ข้อเขียน แบบสอบเสนอคำตอบ แบบสอบความเร็ว และแบบสอบเป็นกลุ่ม

2.3 การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการ
เรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กัน

2.4 การสร้างผังข้อสอบ เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่า
จะวัดเนื้อหาอะไร และจะวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร ขอบเขตของเนื้อหาวิชาตลอดจนการ
กำหนดน้ำหนักความสำคัญหรือสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัตถุประสงค์ที่ต้องการทดสอบแต่ละครั้ง

3. เขียนข้อสอบ โดยผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและ
ต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน โดยมีลำดับขั้นตอนการเขียนดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้เขียนข้อสอบและโดยผู้อื่น เช่น อาจารย์
ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลา
ข้อความ และภาษาให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรระมัดระวังในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการทดสอบข้อสอบ ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายอย่างสุดขีด เมื่อทดลองใช้แล้ว นำมาวิเคราะห์และคัดเลือกข้อสอบ โดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม นำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยการหาความเที่ยงและความตรง

5. นำแบบทดสอบไปใช้

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบทดสอบ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลักการสำคัญ คือ ต้องสร้างให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างข้อสอบ จนได้ข้อสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ความพึงพอใจ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้นั้น ครูผู้สอนต้องคำนึงถึงบรรยากาศในการเรียนรู้ของนักเรียน สถานการณ์ สื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข เกิดความพึงพอใจในการเรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียน

1. ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ และทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ ดังนี้

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์ (2545: 36) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนว่าเป็นความรู้สึกพึงพอใจต่อการปฏิบัติของนักศึกษา ในระหว่างการเรียนการสอน การปฏิบัติของอาจารย์ ผู้สอน และสภาพบรรยากาศโดยทั่วไปของการเรียนการสอน

อัมพวา รักบิดา (2549: 47) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ไว้ว่า หมายถึง ความรู้สึกที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้หรือความชอบของผู้เรียนที่เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมและได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย รวมทั้งได้รับผลตอบแทนตามความต้องการของผู้เรียน

สูดาร์ตัน อะห์ลีแอ (2558: 48) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง ความรู้สึกดี ความชอบ และการให้คุณค่าของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน ความพร้อมและบรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมแล้วประสบผลสำเร็จตามความต้องการของผู้เรียน

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกพึงพอใจ ชอบ และความสนใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน และบรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมแล้วประสบผลสำเร็จตามความต้องการของผู้เรียน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ (Maslow) แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างตัวตนที่เป็นอยู่กับตัวตนในอุดมคติหรือตัวตนที่ต้องการ ซึ่งมาสโลว์เสนอแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะความต้องการของมนุษย์ออกเป็น 5 ด้าน ซึ่งจะพัฒนาเป็นลำดับขั้น โดยมนุษย์ต้องได้รับการตอบสนองความต้องการเบื้องต้นเสียก่อนจึงจะเกิดความต้องการด้านอื่น ๆ ที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไป (วันเพ็ญ พิศาลพงศ์, 2540: 23) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต ต้องต่อสู้อันตรายเพื่อสนองความต้องการขั้นนี้เสียก่อนจึงจะมีความต้องการขั้นอื่นตามมา

2. ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย (Safety Need) เป็นความต้องการที่จะมีชีวิตอยู่อย่างมั่นคงและปลอดภัย ปราศจากภัยอันตรายทั้งปวง สังเกตได้จากพฤติกรรมของมนุษย์ที่ชอบอยู่ในสังคมที่สงบเรียบร้อย มีระเบียบวินัย และมีกฎหมายคุ้มครอง

3. ความต้องการความรักและความต้องการเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม (Love and Belonging Needs) เป็นความต้องการอยากมีเพื่อนฝูง มีคนรักใคร่ ต้องการให้ความรักกับผู้อื่นและอยากได้รับความรักจากผู้อื่น บุคคลที่มีความต้องการในขั้นนี้ จะกระทำพฤติกรรมเพื่อให้รู้สึกว่าตนเองไม่โดดเดี่ยว อ้างว้าง หรือถูกทอดทิ้ง

4. ความต้องการมีเกียรติยศและศักดิ์ศรี (The Esteem Needs) เป็นความต้องการของมนุษย์เกือบทุกคนในสังคม บุคคลที่มีความต้องการในขั้นนี้มีลักษณะ เช่น ต้องการได้รับการยกย่องจากบุคคลอื่น ต้องการชื่อเสียงเกียรติยศหรือความภาคภูมิใจเมื่อตนประสบผลสำเร็จ

5. ความต้องการพัฒนาตนเองไปสู่ระดับที่สมบูรณ์ที่สุด คือ ความต้องการแสดงความเป็นจริงแห่งตน (Self-Actualization) เป็นความต้องการที่เน้นถึงการเป็นตัวของตัวเอง ประสบความสำเร็จด้วยตนเอง และพัฒนาศักยภาพตนเองให้เต็มที่

Scott (1970: 124) ได้เสนอความคิดในเรื่องการจูงใจให้เกิดความพึงพอใจต่อการทำงานที่ให้ผลในเชิงปฏิบัติมีลักษณะ ดังนี้

1. งานควรมีส่วนสัมพันธ์กับความต้องการส่วนตัวและมีความหมายสำหรับผู้ทำงาน
2. งานนั้นต้องมีการวางแผนและวัดผลสำเร็จได้โดยใช้ระบบการทำงาน และการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
3. เพื่อให้ได้ผลในการสร้างแรงจูงใจภายใน เป้าหมายของงานจะต้องมีลักษณะดังนี้ คนทำงานมีส่วนในการตั้งเป้าหมาย ได้รับทราบผลสำเร็จจากการทำงานโดยตรง และงานนั้นสามารถทำให้สำเร็จได้

จากทฤษฎีแรงจูงใจสรุปได้ว่า ความต้องการเป็นพื้นฐานที่ทำให้เกิดแรงจูงใจส่งผลให้บุคคลแสดงพฤติกรรมที่นำไปสู่เป้าหมายและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2544: 134-140) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยระยะที่ 1) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนในแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ค่าคงที่สมดุล และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล นอกจากนี้ยังพบว่ามึนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และหลักของเลอชาเตอริเอ ส่วนผลการวิจัยระยะที่ 2) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้างแสดงออก ทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552: 120-121) ศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองคุณสมบัติโดยทั่วไปของกรด-เบสหรือเป็นสัญลักษณ์ของกรด-เบส และมีบางส่วนที่คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนทั้งสองกรณีศึกษามีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้

สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องกรด-เบสในห้องเรียนปกติแล้ว 3) นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองสอดคล้องกับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้อง โดยเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ลอกเลียนแบบมาจากของจริง มีลักษณะเหมือนของจริงทุกประการ แบบจำลองไม่สามารถใช้ในการทำนายผลการทดลองได้ และแบบจำลองสามารถใช้ได้ในทุก ๆ กรณีไม่มีข้อจำกัด

ณัชรฤต เกื้อทาน และคณะ (2554: 300-314) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 211 คน จากโรงเรียนรัฐบาล 5 แห่ง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบจำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุม 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโควาเลนต์ และพันธะโลหะ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 หัวข้อหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อย่อยต่อไปนี้ คือ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโคจรผลึกแร่ธาตุหาย และการเกิดพันธะโลหะ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนได้นำเอาประสบการณ์หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้ในการอธิบายพันธะเคมีและสมบัติของสาร

ฮามิต๊ะ มูสอ (2555: 155-158) ศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยระยะที่ 1) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบส การไทเทรตกรด-เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับสำหรับแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและแนวคิดเรื่องการไทเทรตกรด-เบส ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนผลการวิจัยระยะที่ 2) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ใช้คำถามปลายเปิดที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่รับรู้กับความคิดเดิม และมีการสาธิตการทดลองหรือการสร้างสถานการณ์แล้วให้วาดภาพ ขึ้นแสดงออกแบบจำลอง ควรให้อิสระในการนำเสนอแบบจำลองด้วยการวาดภาพ การใช้ลักษณะท่าทาง การใช้คำพูด และเน้นการใช้สิ่งของ ขั้นทดสอบแบบจำลอง เน้นการทดลองที่เป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ขั้นประเมินแบบจำลอง เน้นการใช้คำถามเพื่อให้ร่วมกันอภิปราย มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับสัญลักษณ์และระดับ

จุลภาค และเน้นให้มีการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556: 167-175) ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่าแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่ต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะในประเด็นเรื่องลักษณะรูปร่างของอะตอมและระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ส่วนในประเด็นเรื่องการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอะตอมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องมากที่สุด สำหรับความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองนั้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ โดยประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจไม่สอดคล้องมากที่สุด ได้แก่ การออกแบบและการสร้างแบบจำลอง จุดประสงค์ของแบบจำลองและความหลากหลายของแบบจำลอง สำหรับผลการวิจัยในระยะที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมมีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) สำหรับในแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีการใช้กิจกรรมอุปมาในการจัดการเรียนรู้ และมีการสอดแทรกกิจกรรมที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ณัชรฤต เกื้อทาน (2557: 125-132) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนได้นำเอาประสบการณ์หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้อธิบายพันธะเคมีและสมบัติของสาร ผลการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และประเมินแบบจำลองความคิดของตนเอง และผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลองให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

Kousathana and Tsapalis (2002: 5-7) ได้ศึกษาการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีอายุระหว่าง 17-18 ปี พบว่าสามารถแบ่งความผิดพลาดของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องสมดุลเคมีออกเป็น 2 เหตุผล โดยเหตุผลที่ 1) เกิดจากตัวผู้เรียนเองที่คิดน้อยเกินไปหรือต้องใช้ความจำมากเกินไป และเหตุผลที่ 2) เกิดจากธรรมชาติของเรื่องสมดุลเคมีที่ยากต่อการทำความเข้าใจไม่ว่าจะเป็นทฤษฎี แนวคิด หรือกระบวนการต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ โดยพบว่านักเรียนมีความผิดพลาดในแทบทุกเนื้อหา ซึ่งสามารถแบ่งความผิดในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องสมดุลเคมี ออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ค่าคงที่สมดุล ปริมาณสัมพันธ์ สมดุลวิวิธพันธ์ การรบกวนสมดุล และสมดุลของแก๊สและกฎของแก๊สในอุดมคติ

Ozmen (2008: 225-233) ได้สำรวจแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน จำนวน 90 คนในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งของประเทศตุรกี โดยใช้แบบทดสอบแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่องสมดุลเคมี (test to identify students alternative conceptions, TISAC) ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 13 ข้อโดยส่วนแรกเป็นข้อสอบแบบ 3 ตัวเลือก และส่วนที่สองเป็นกลุ่มของเหตุผลให้เลือก ตอบ 4 ตัวเลือก พบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ โดยนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในแทบทุกเนื้อหาของแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล หลักของเลอชาเตอริเอ ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

Maia and Justi (2009: 603-630) ได้ศึกษากระบวนการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนในห้องเรียนปกติจากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาจาก “แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modelling)” พบว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ โดยการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดจากการสื่อสารกันภายในห้องเรียน นักเรียนได้ใช้สิ่งที่ป็นรูปธรรม คำพูด และลักษณะท่าทางในระหว่างการทำกิจกรรมนอกจากนี้การเรียนรู้ของนักเรียนยังเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง การใช้คำถามของครู รวมทั้งการอภิปรายกันเกี่ยวกับแบบจำลองภายในห้องเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องสมดุลเคมียิ่งขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นเป็นการเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. แบบแผนการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลองแบบศึกษากลุ่มตัวอย่างเดียวมีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (One Group Time-Series Research Design) ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

T_1	X	Y_1	X	Y_2	X	Y_3	X	Y_4	X	Y_5	T_2
-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	-------

เมื่อ	T_1	แทน	ทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	X	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
	Y_1	แทน	แบบจำลองทางความคิด เรื่อง ปฏิกริยาที่ผันกลับได้
	Y_2	แทน	แบบจำลองทางความคิด เรื่อง ภาวะสมดุล
	Y_3	แทน	แบบจำลองทางความคิด เรื่อง ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล
	Y_4	แทน	แบบจำลองทางความคิด เรื่อง ผลของความดันต่อภาวะสมดุล
	Y_5	แทน	แบบจำลองทางความคิด เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล
	T_2	แทน	ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดความพึงพอใจ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 262 คน ที่เรียนรายวิชา ว32223 เคมี 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 15 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 15 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คน โดยกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย ด้วยการจับฉลาก (Simple Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
 - 2.3 ความพึงพอใจ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยยึดเนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร ในแบบหนังสือเรียนสาระ

การเรียนรู้เพิ่มเติม เคมีเล่ม 3 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง สมดุลเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา ของโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี โดยแบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ชั้นที่ 2 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ชั้นที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ชั้นที่ 4 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) และชั้นที่ 5 ชั้นประเมินผล (Evaluation) โดยในชั้นที่ 5 ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมสร้างแบบจำลอง โดยใช้ ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี แบ่งเป็น 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิริยาที่ผันกลับ ได้ 2) ภาวะสมดุล 3) ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล 4) ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และ 5) ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เรื่องสมดุลเคมีทั้งในระดับมหภาคและระดับอนุภาคเพื่อศึกษาความเข้าใจเรื่องสมดุลเคมี

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.2 แบบวัดความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท จำนวน 20 ข้อ

2.3 ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 5 เรื่อง

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยยึดเนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 18 คาบ (คาบละ 50 นาที) ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดจุดประสงค์ รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา เรื่องสมดุลเคมี จากการจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล

1.2 ศึกษาเอกสาร วารสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมและแบบประเมินทักษะของนักเรียน

1.3 กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และวิธีการวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี รายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามกรอบแนวคิดที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร วารสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องใช้เวลาในการจัดการเรียน จำนวน 3 แผน ระยะเวลา 18 คาบ (คาบละ 50 นาที) ซึ่งแผนการเรียนรู้ประกอบด้วย ตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด แหล่งการเรียนรู้และสื่อต่าง ๆ

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน วิชาเคมี จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์ของลิเคอร์ท เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มาก
- 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อยที่สุด

จากนั้นนำคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกัน (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538: 8-11)

1.7 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะ แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและผ่านการเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วไปดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ชุดนี้มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.49 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาเคมี เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ แบ่งพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ใช้เป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ศึกษาขอบข่ายเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมีในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เคมีเล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ ช่วงชั้นที่ 3 จัดทำโดยสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี เพื่อรวบรวมเนื้อหาที่นักเรียนต้องศึกษาเรื่องสมดุลเคมี แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

2.1.2 วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้กับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

2.1.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

2.1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านภาษา ตัวเลือกและการใช้คำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Index of item-Objective Congruence: IOC) และความถูกต้องด้านภาษา ตัวเลือก การใช้คำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นหรือไม่

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

2.1.6 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว หากคุณภาพแบบทดสอบรายข้อ โดยทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมืองจังหวัดปัตตานี จำนวน 31 คน ที่ผ่านการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี มาแล้ว

2.1.7 ตรวจสอบให้คะแนนโดยให้ข้อที่ตอบถูก ข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดให้ข้อละ 0 คะแนน นำผลการตรวจให้คะแนนจากการนำไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 ปีการศึกษา 2559 นั้นมาวิเคราะห์หาค่าระดับความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ คัดเลือกแบบทดสอบที่ค่าระดับความยากระหว่าง 0.23 – 0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21 ขึ้นไป

2.1.8 นำผลการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson 20: KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76 ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

2.1.9 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.2 แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน การสร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท มีขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ และการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ

2.2.2 กำหนดหัวข้อที่เป็นพฤติกรรมและความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านบทบาทผู้สอน ด้านบทบาทผู้เรียน ด้านการจัดการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 20 ข้อ ซึ่งกำหนดเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท โดยมีค่าระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ คือ 5 = พึงพอใจมากที่สุด 4 = พึงพอใจมาก 3 = พึงพอใจปานกลาง 2 = พึงพอใจน้อย และ 1 = พึงพอใจน้อยที่สุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจกับเกณฑ์การแบ่งที่กำหนดไว้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.51 – 5.00	มากที่สุด
3.51 – 4.50	มาก
2.51 – 3.50	ปานกลาง
1.51 – 2.50	น้อย
1.00 – 1.50	น้อยที่สุด

2.2.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาลัยพิจารณาคำครอบคลุมในด้านต่าง ๆ ของนักเรียน ด้านการใช้ภาษา ความถูกต้องชัดเจน เข้าใจง่าย และนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.4 นำแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ภาษาที่ใช้ และความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์ของลิเคอร์ท เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีเกณฑ์คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสม มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสม มาก
- 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เหมาะสม น้อยที่สุด

จากนั้นนำค่าแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่า แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538: 8-11)

2.3.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุง และปรับสำนวนการใช้ภาษาให้ถูกต้องและกระชับ

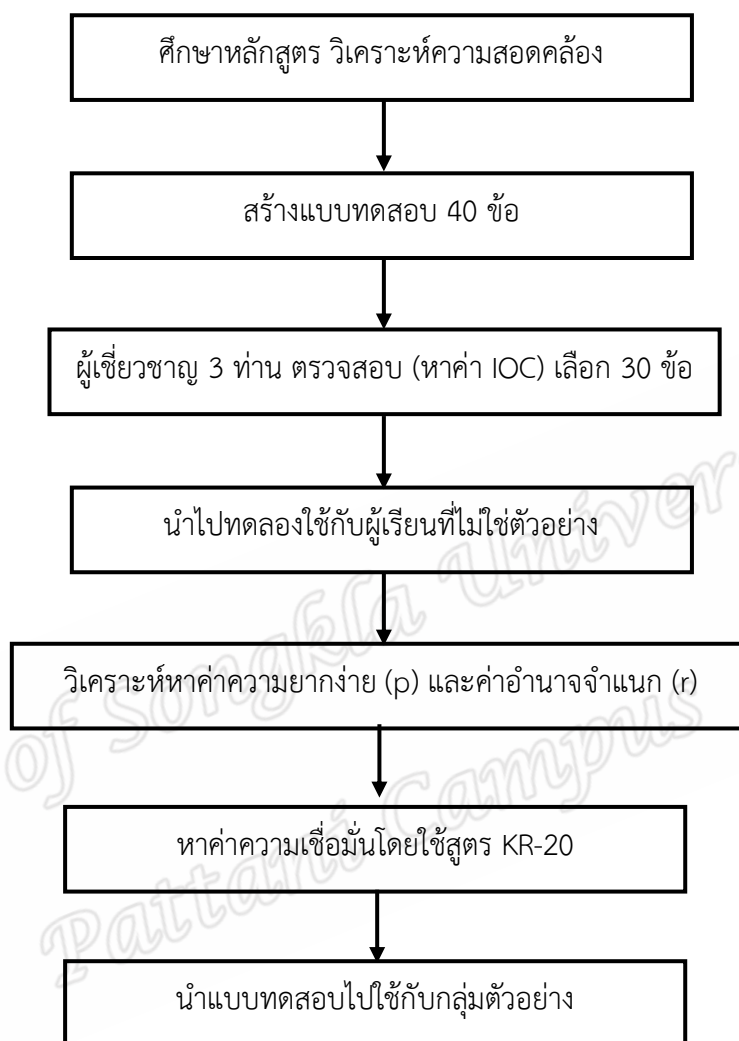
2.2.6 นำแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและผ่านการเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วไปดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบวัดความพึงพอใจชุดนี้มีค่าเฉลี่ย (\bar{x}) รวมเท่ากับ 5.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.00 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ประเมินคุณภาพของแบบวัดความพึงพอใจแล้วพบว่าแบบประเมินมีความเหมาะสมมากที่สุด

สรุปขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ดังภาพประกอบ 4



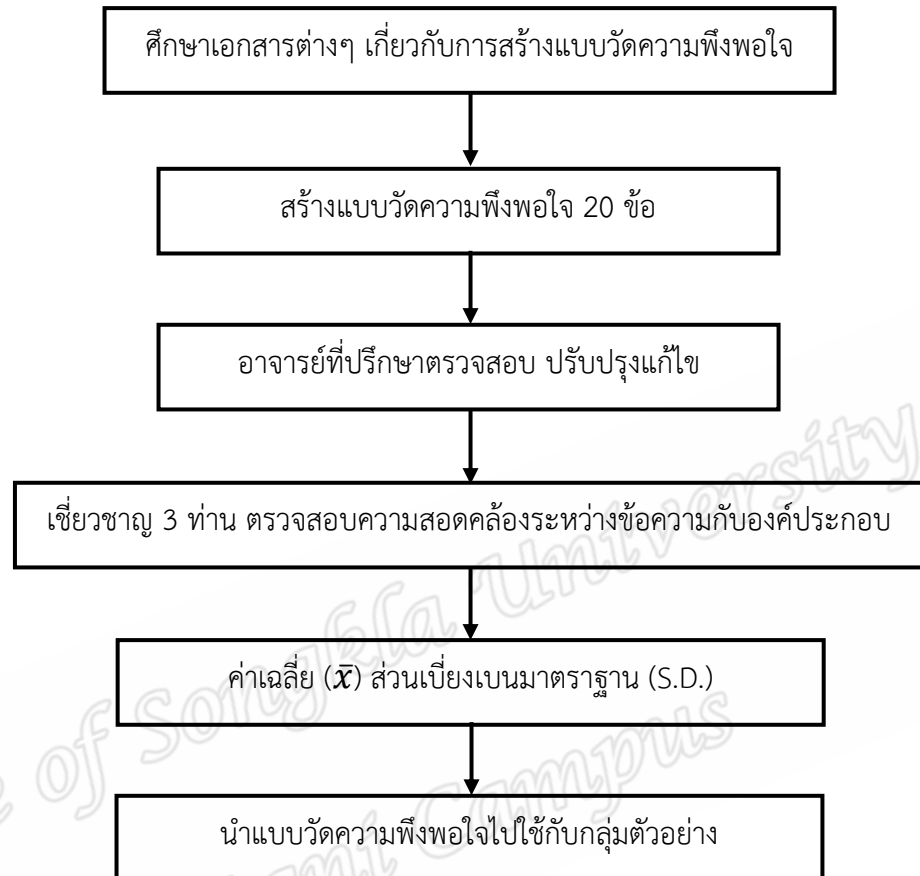
ภาพประกอบ 4 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 18 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จากสอบถามครูผู้สอนที่เคยจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีในโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล และสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะจากครูและนักเรียน

2. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

3. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ซึ่งประกอบด้วย 5 ชั้น ได้แก่

ชั้นที่ 1 ชั้นสร้างความสนใจ ในขั้นนี้ครูจะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย หรือการใช้สื่อต่าง ๆ แล้วกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อคำถามขึ้น และบางครั้งครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสาธิตโดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสาธิต เป็นต้น โดยครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนเท่าเทียมกันในการตั้งคำถาม

ชั้นที่ 2 ชั้นสำรวจและค้นหา ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม ซึ่งสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มต้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองทุกครั้ง โดยผู้เรียนจะแบ่งหน้าที่สลับกันในแต่ละครั้งของการทดลอง ทำให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมและมีโอกาสเรียนรู้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลอง

ชั้นที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง รูปภาพ เป็นต้น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ

ชั้นที่ 4 ชั้นขยายความรู้ ในขั้นนี้ครูจะยกตัวอย่างหรือสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่ค้นพบจากการศึกษามาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ดังนั้นในขั้นนี้นอกจากที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ แล้ว ยังเป็นการตรวจสอบว่าอีกกว่าองค์ความรู้ที่นักเรียนค้นพบนั้นมีข้อบกพร่องหรือขัดแย้งหรือผิดไปจากทฤษฎี

หรือไม่ อย่างไร โดยครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพูดคุยและอภิปรายถึงประเด็นดังกล่าว จากนั้นครูจะตั้งคำถาม และเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมกัน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล ขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนทำกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด โดยใช้ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนทุกคนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนหรือไม่ โดยใช้ใบกิจกรรมดังกล่าวนักเรียนต้องวาดภาพในระดับอนุภาคและอธิบายเหตุผลประกอบเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทั้งระดับมหภาค และระดับอนุภาค โดยผู้วิจัยจะคอยสังเกตนักเรียนในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ตรวจสอบผลงานต่าง ๆ ของนักเรียน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้นี้ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบตามแผนที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที และทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจ จำนวน 20 ข้อ

6. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ แล้วนำคำตอบจากใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี ดังนี้

1.1 หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี

1.2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent t-test)

1.3 หาพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการ (Growth score) วัดคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และนำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ระดับพัฒนาการของศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 268) ดังตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 268)

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
76-100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51-75	พัฒนาการระดับสูง
26-50	พัฒนาการระดับกลาง
0-25	พัฒนาการระดับต้น

2. วิเคราะห์ข้อมูลของไปกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด จำนวน 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ 2) ภาวะสมดุล 3) ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล 4) ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และ 5) ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล โดยวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนี้

2.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์จากภาพที่นักเรียนวาด และข้อความที่นักเรียนเขียนอธิบาย แล้วนำรูปแบบคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ประมวลผลและนำเสนอในรูปแบบของความเรียง ซึ่งประยุกต์มาจากการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002: 6-10) ดังนี้ คือ

1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Complete Correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน (Complete flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับ

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน (Flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล หรือนักเรียนวาดภาพแต่ไม่เขียนบรรยาย

2.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์โดยนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่แล้วหาค่าร้อยละ จากนั้นนำข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละคนมาเทียบเป็นคะแนน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบด้วยสถิติไค-สแควร์และสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์หรือพัฒนาการของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในแต่ละครั้ง ซึ่งการเทียบคะแนนใช้เกณฑ์ดังนี้

ลักษณะแบบจำลองทางความคิด	คะแนน
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์	5
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	4
แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน	3
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน	2
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง	1

3. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) วิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี โดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 เกณฑ์คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจ

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.51 – 5.00	ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	ความพึงพอใจในระดับมาก
2.51 – 3.50	ความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	ความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 – 1.50	ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย สถิติพื้นฐาน สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน มีรายละเอียด ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ	\bar{x}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนข้อมูล

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนข้อมูล

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 ความตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ ขั้นตอนในการแก้ปัญหา/ ประเด็นที่ต้องการวัด
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
	R	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$r = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_U	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี คำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

$$S_t^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำได้ในข้อหนึ่งๆ โดย $p = \frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ผิดในข้อหนึ่งๆ หรือ คือ $1 - p$
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนั้น
	n	แทน	กลุ่มตัวอย่าง

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่ง คำนวณโดยใช้การทดสอบทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent t-test) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบที
	D	แทน	ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่
	n	แทน	กลุ่มตัวอย่าง

3.2 ทดสอบสมมติฐานแบบจำลองทางความคิด โดยใช้การทดสอบเอฟ จากการทดลองแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) โดยใช้สูตรดังนี้

$$F = \frac{MSA}{MSE}$$

$$MSA = \frac{SSA}{t-1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{(t-1)(r-1)}$$

$$SSE = SSE - SSA - SSS \quad df = (t-1)(r-1)$$

$$SST = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr} \quad df = tr-1$$

$$SSA = \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr} \quad df = r-1$$

$$SSS = \sum_{j=1}^r \frac{Y_j^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{tr} \quad df = r-1$$

เมื่อ F หมายถึง ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบเอฟ

t หมายถึง จำนวนเงื่อนไข

r หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

Y_{ij} หมายถึง ค่าที่สังเกตของตัวอย่างที่ j ซึ่งได้รับเงื่อนไขที่ i

Y_i หมายถึง ผลรวมของค่าที่สังเกตจากหน่วยทดลองที่ได้รับเงื่อนไขที่ i

Y_j หมายถึง ผลรวมของค่าที่สังเกตจากหน่วยทดลองที่ได้รับเงื่อนไขที่ j

$Y_{..}$ หมายถึง ผลรวมของค่าที่สังเกตจากหน่วยทดลองทั้งหมด

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี โดยใช้ระยะเวลาในการวิจัยทั้งสิ้นเป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ จำนวน 18 คาบ ผู้วิจัยขอเสนอข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ตอนที่ 3 คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ของนักเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ในการศึกษาแบบจำลองทางความคิดในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 5 หัวข้อย่อย ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ 2) ภาวะสมมูล 3) ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมมูล 4) ผลของความดันต่อภาวะสมมูล และ 5) ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมมูล โดยให้นักเรียนทำใบกิจกรรมดังกล่าวในชั้นที่ 5 (ชั้นการวัดและประเมินผล) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในแต่ละหัวข้อย่อย และนำคำตอบที่ได้จากใบกิจกรรมความคิดมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพนั้น ผู้วิจัยอ่านและวิเคราะห์คำตอบในแต่ละใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด โดยพิจารณาทั้งภาพวาดและข้อความที่เขียนอธิบาย จากนั้นนำรูปแบบคำตอบแบบจำลองทางความคิดเป็นรายบุคคลมาจัดกลุ่ม โดยสามารถแบ่งลักษณะแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

ออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งประยุกต์จากการแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002: 6-10) ได้แก่ 1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Complete Correct mental models) 2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models) 3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน (Complete flawed mental models) 4) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน (Flawed mental models) และ 5) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้น ผู้วิจัยนำข้อมูลลักษณะแบบจำลองทางความคิดที่ได้มาหาความถี่และค่าร้อยละเพื่อแสดงจำนวนนักเรียนที่มีลักษณะแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

ตาราง 5 ลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี (n = 32)

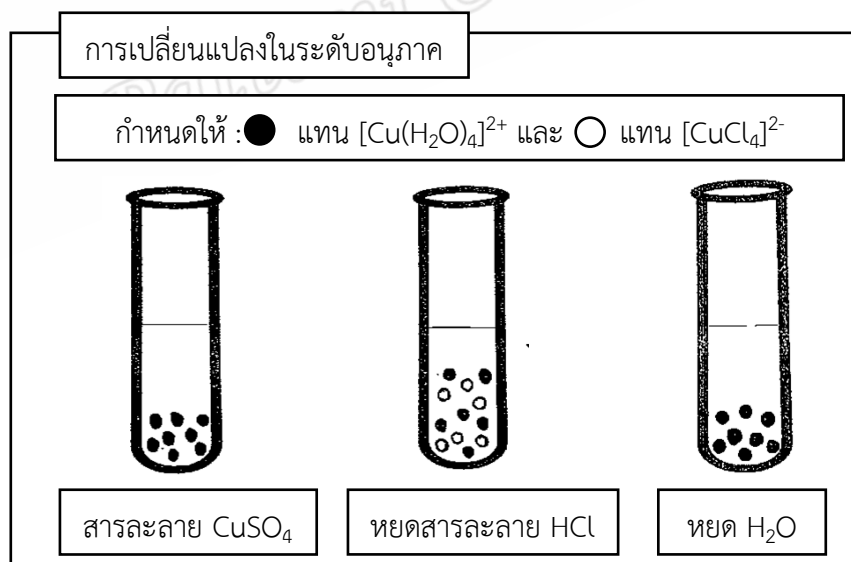
ครั้งที่	เรื่อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)				
		แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์	แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน	แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน	แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
1	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	0 (0)	11 (34.38)	0 (0)	5 (15.63)	16 (50.00)
2	ภาวะสมดุล	0 (0)	15 (46.88)	9 (28.13)	8 (25.00)	0 (0)
3	ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล	11 (34.38)	4 (12.50)	17 (53.13)	0 (0)	0 (0)
4	ผลของความดันต่อภาวะสมดุล	15 (46.88)	16 (50.00)	1 (3.13)	1 (3.13)	0 (0)
5	ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล	6 (18.75)	25 (78.13)	0 (0)	0 (0)	1 (3.13)

จากตาราง 5 ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อมูลลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนในเรื่องสมดุลเคมี ตามลำดับดังนี้

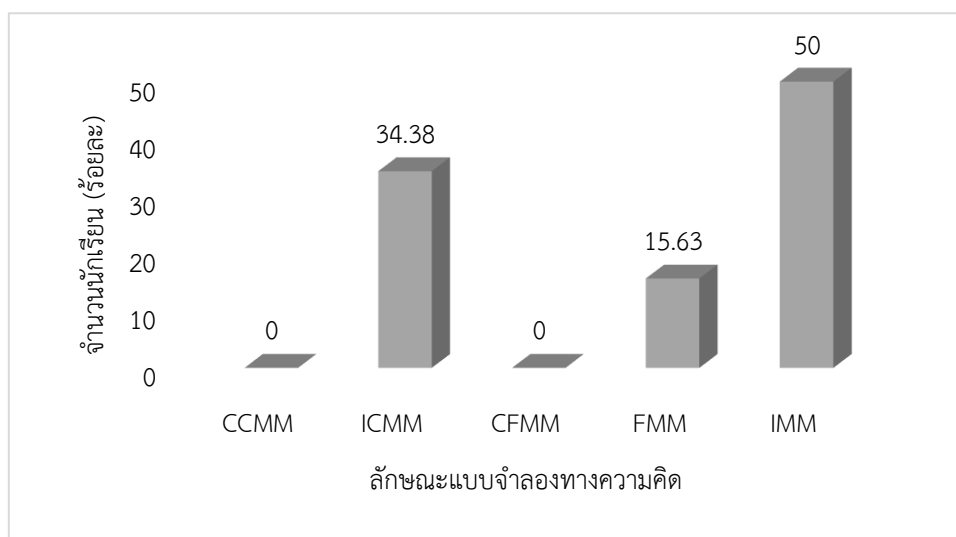
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และน้ำ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบภาพ ผลจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน (ตาราง 5) พบว่านักเรียนร้อยละ 34.38 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถอธิบายปฏิกิริยาผันกลับได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงใน

สารละลาย CuSO_4 ซึ่งมีสีฟ้า ได้สารละลายสีเขียวแกมเหลือง เนื่องจากเป็นสปีผสมระหว่างสีฟ้าของเตตระอควาคอปเปอร์ (II) ไฮดรอกไซด์ ($[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$) กับสีเหลืองของเตตระคลอโรควิเปรต (II) ไฮดรอกไซด์ ($[\text{CuCl}_4]^{2-}$) และเมื่อหยดน้ำลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเหมือนเดิม เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้” (นักเรียนคนที่ 2) แต่จากแบบจำลองที่นักเรียนวาดแสดงให้เห็นว่าเมื่อหยด HCl ลงในสารละลาย CuSO_4 เกิดเป็น $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ซึ่งไม่ได้เกิดจากการแทนของ Cl^- ใน $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ (ภาพประกอบ 8 นักเรียนคนที่ 5) และพบว่านักเรียนร้อยละ 15.63 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนกลุ่มนี้อธิบายว่า “เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงในสารละลาย CuSO_4 ซึ่งมีสีฟ้า จะได้สารละลายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเกิดการผสมของสารละลาย CuSO_4 ที่มีสีฟ้ากับสารละลาย HCl ที่มีสีเหลือง” (นักเรียนคนที่ 31) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจว่าสารละลาย CuSO_4 มีสีฟ้าเกิดจาก $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ และหลังจากหยดสารละลาย HCl สารละลายมีสีเขียวแกมน้ำเงิน เนื่องจาก เกิด $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ซึ่งมีสีเหลือง ไม่ใช่สีของสารละลาย HCl แต่อย่างใด นอกจากนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง โดยนักเรียนได้วาดภาพคล้ายกับนักเรียนกลุ่มแรกและอธิบายว่า “เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงในสารละลาย CuSO_4 ซึ่งมีสีฟ้า จะได้สารละลายสีเขียวแกมน้ำเงิน และเมื่อหยดน้ำลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเหมือนเดิม” (นักเรียนคนที่ 3) จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มนี้อธิบายเพียงแบบจำลองระดับมหภาคเท่านั้น แต่ไม่มีการเชื่อมโยงกับแบบจำลองระดับอนุภาค



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน

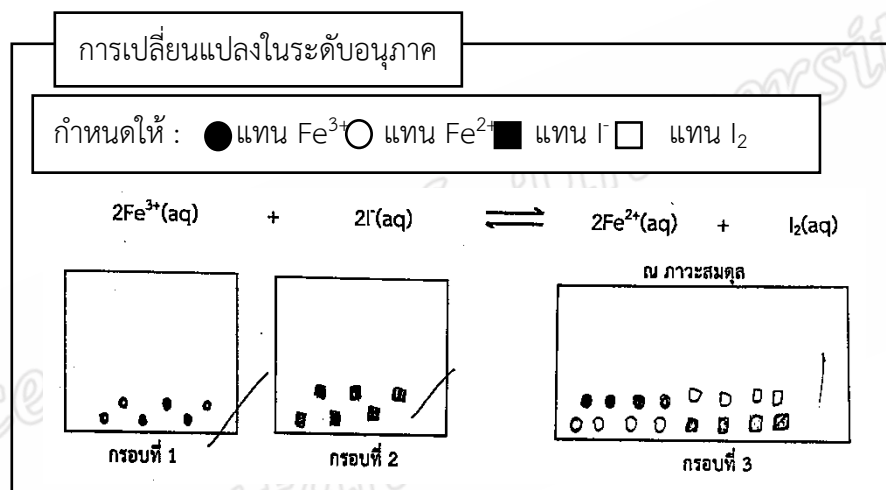


ภาพประกอบ 8 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของนักเรียน

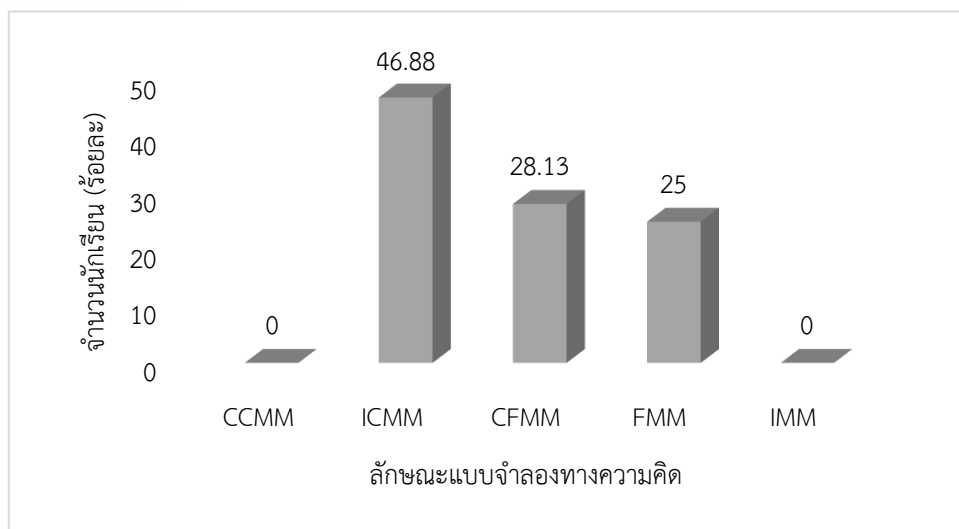
2. ภาวะสมดุล

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนวาดภาพแสดงจำนวนอนุภาคของสาร ณ ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเฟอร์ริกไนเตรต $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ กับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ KI เกิดผลิตภัณฑ์เป็น Fe^{2+} กับ I_2 ดังสมการ $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายภาพประกอบ ผลจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน (ตาราง 5) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46.88) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนเหล่านี้วาดภาพแสดงอนุภาคของสารต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบ ณ ภาวะสมดุลได้ถูกต้องว่ามีอนุภาคของสารทุกชนิดทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบ กล่าวคือมีอนุภาคของ Fe^{3+} อนุภาคของ I^- อนุภาค Fe^{2+} และอนุภาคของ I_2 อยู่ในระบบ แต่นักเรียนแสดงจำนวนและอัตราส่วนของอนุภาคของสารต่าง ๆ ไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนแสดงอัตราส่วนอนุภาคของ $\text{Fe}^{3+} : \text{I}^- : \text{Fe}^{2+} : \text{I}_2$ เป็น 1 : 1 : 1 : 1 ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักปริมาณสัมพันธ์ในสมการเคมี (ภาพประกอบ 10 นักเรียนคนที่ 8) และนักเรียนสามารถอธิบายลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี เช่น ระบบมีทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เป็นสมดุลไดนามิก สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ สมบัติของระบบคงที่ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ภาวะสมดุลเกิดในระบบปิด เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เป็นสมดุลไดนามิก มีสารทุกตัวอยู่ในระบบ และมีความเข้มข้นของสารคงที่” (นักเรียนคนที่ 32) และพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 28.13 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่

ถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพและอธิบายคล้ายกับนักเรียนกลุ่มแรก แต่นักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้บอกว่าที่ภาวะสมดุลมีทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ครบทุกตัว โดยนักเรียนบอกเพียงว่ามีความเข้มข้นคงที่เท่านั้น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ภาวะสมดุลเกิดในระบบปิด เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เป็นสมดุลไดนามิก และมีความเข้มข้นของสารคงที่” (นักเรียนคนที่ 1) อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 25.00) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เข้าใจว่าที่ภาวะสมดุลมีแต่สารผลิตภัณฑ์เท่านั้น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ณ ภาวะสมดุลมี Fe^{2+} และ I_2 ปฏิกิริยาผันกลับได้และอยู่ในระบบปิด มีอัตราการเปลี่ยนเท่ากันความเข้มข้นของปฏิกิริยาคงที่และเป็นสมดุลไดนามิก” (นักเรียนคนที่ 29)



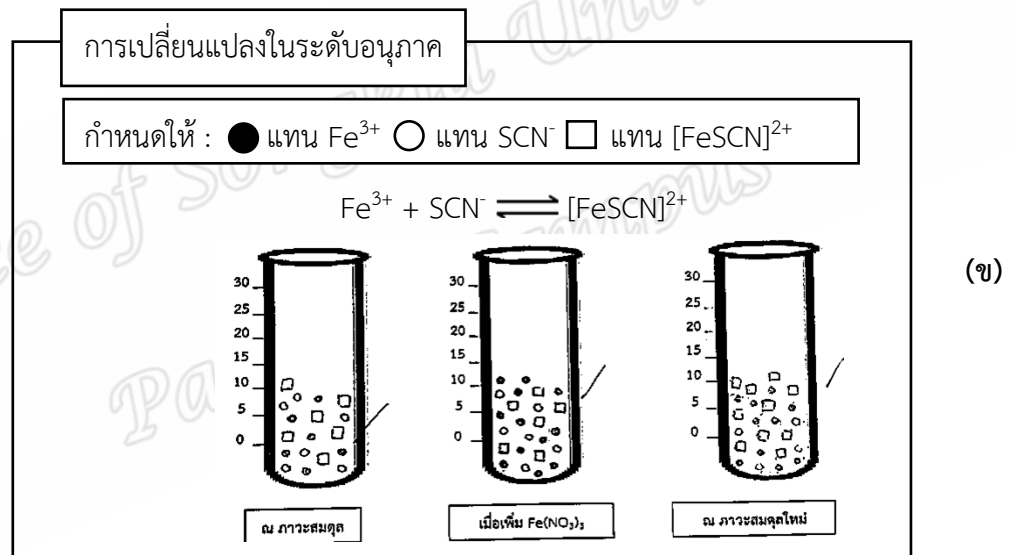
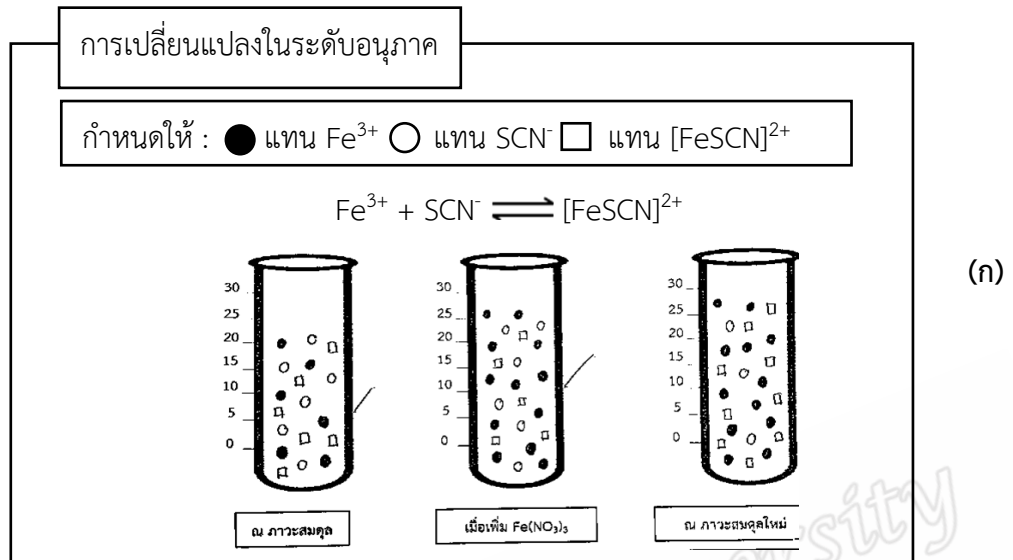
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องภาวะสมดุลของนักเรียน
แสดงอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักปริมาณสัมพันธ์



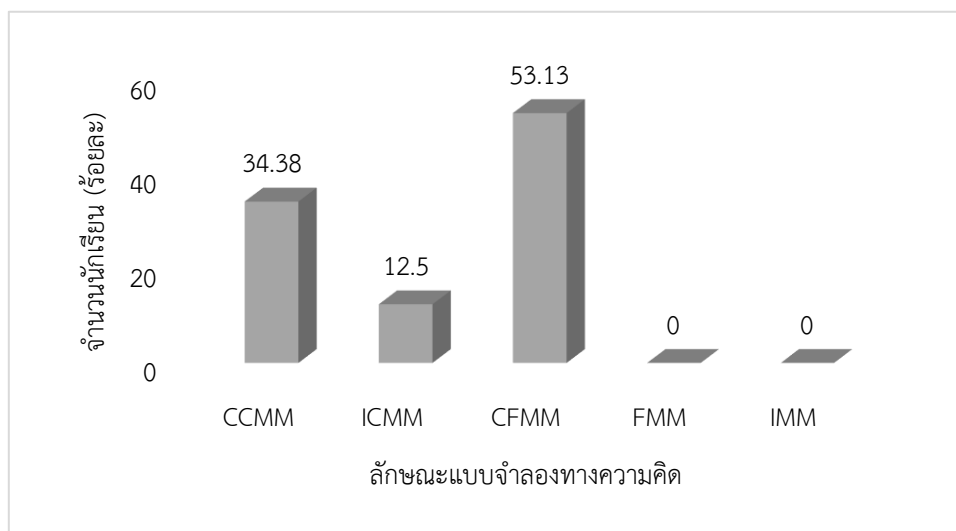
ภาพประกอบ 10 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิดเรื่องภาวะสมดุลของนักเรียน

3. ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนอนุภาคของสาร ณ ภาวะสมดุลเมื่อถูกรบกวนสมดุลด้วยความเข้มข้นโดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น (เติม $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) ของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเฟอร์ริกไนเตรต ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) กับสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (NH_4SCN) ซึ่งมีจำนวนอนุภาคที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน เกิดผลิตภัณฑ์เป็นไทโอไซยาเนตไอออน (III) ไอออน ($[\text{FeSCN}]^{2+}$) ดังสมการ $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}$ พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายภาพประกอบ ผลจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน (ตาราง 5) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.13) มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพไม่ถูกต้อง โดยสังเกตได้จากแบบจำลองระดับอนุภาคที่นักเรียนวาด ณ ภาวะสมดุลใหม่ แสดงให้เห็นว่าสารตั้งต้นที่ถูกเติมไม่ได้ถูกใช้ในการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า (ภาพประกอบ 12ก นักเรียนคนที่ 8) และนักเรียนอธิบายไม่ครบถ้วนสังเกตได้จากคำอธิบายของนักเรียน โดยนักเรียนอธิบายเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Fe^{3+} เท่านั้น แต่ไม่ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอื่น ๆ ได้แก่ SCN^- และ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ณ ภาวะสมดุลสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นคงที่ และเมื่อเพิ่ม $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ทำให้ความเข้มข้น Fe^{3+} เพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและคงที่” (นักเรียนคนที่ 2) นอกจากนี้พบว่านักเรียนร้อยละ 12.50 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนกลุ่มนี้วาดภาพไม่ถูกต้อง คล้ายกลุ่มแรก แต่นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ณ ภาวะสมดุลเดิม สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นคงที่ สามารถแสดงจำนวนและอัตราส่วนอนุภาคของสารต่าง ๆ ที่ภาวะสมดุลได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นไปตามหลักปริมาณสัมพันธ์ในสมการเคมี และนักเรียนระบุได้ทิศทางของการปรับสมดุลของระบบ ได้ถูกต้องว่าเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ ($[\text{FeSCN}]^{2+}$) เพิ่มขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ณ ภาวะสมดุลเดิม สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นคงที่ และเมื่อเติม $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ เป็นการเพิ่ม Fe^{3+} ทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า โดย Fe^{3+} เพิ่มขึ้น SCN^- ลดลง และ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป ระบบจะเข้าสู่สมดุลใหม่และคงที่” (เลขที่ 4) อย่างไรก็ตามพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 34.38 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายได้ถูกต้อง (ภาพประกอบ 12ข นักเรียนคนที่ 9)



ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของนักเรียน
 (ก) แสดงสารตั้งต้นไม่ได้ถูกใช้ในการเกิดผลิตภัณฑ์ (ข) แสดงการปรับตัวของระบบเพื่อลดผลการ
 รบกวนนั้น

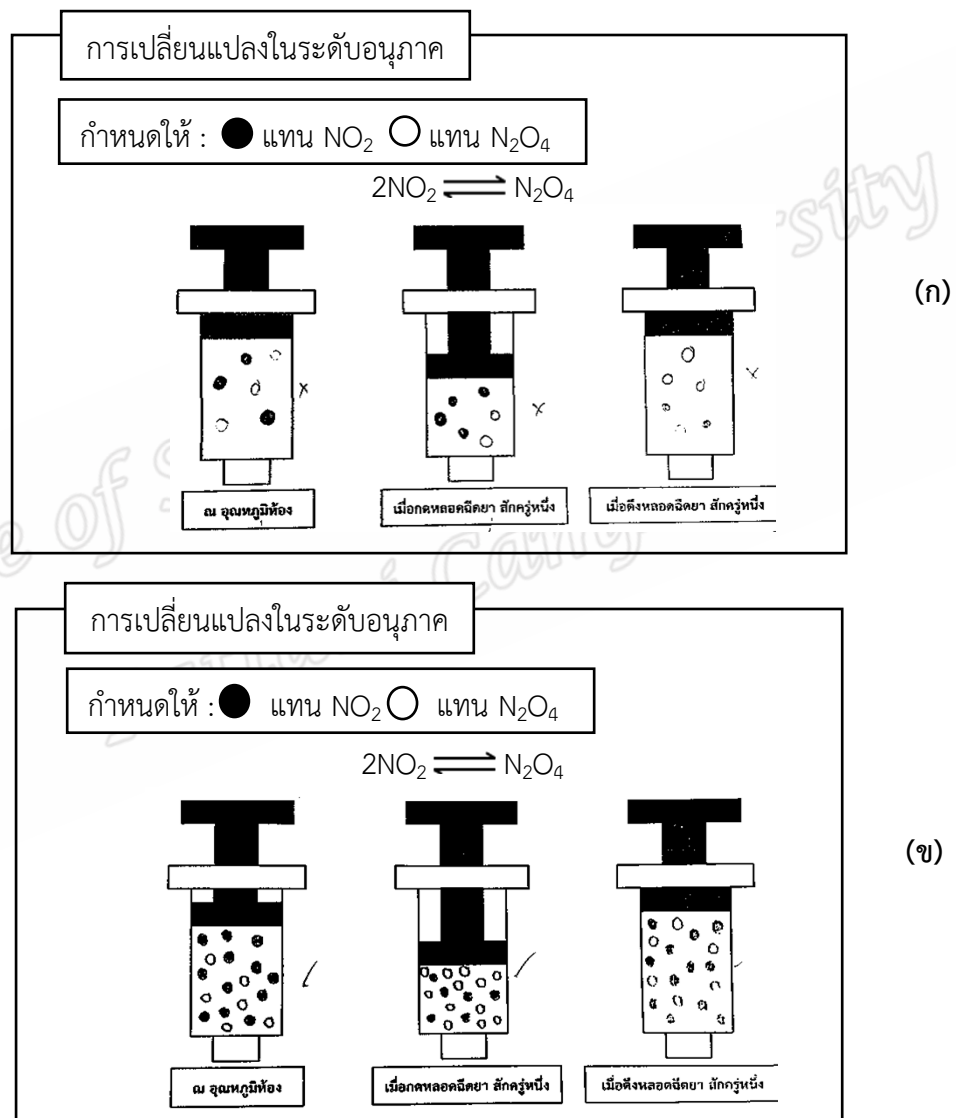


ภาพประกอบ 12 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิด
เรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลของนักเรียน

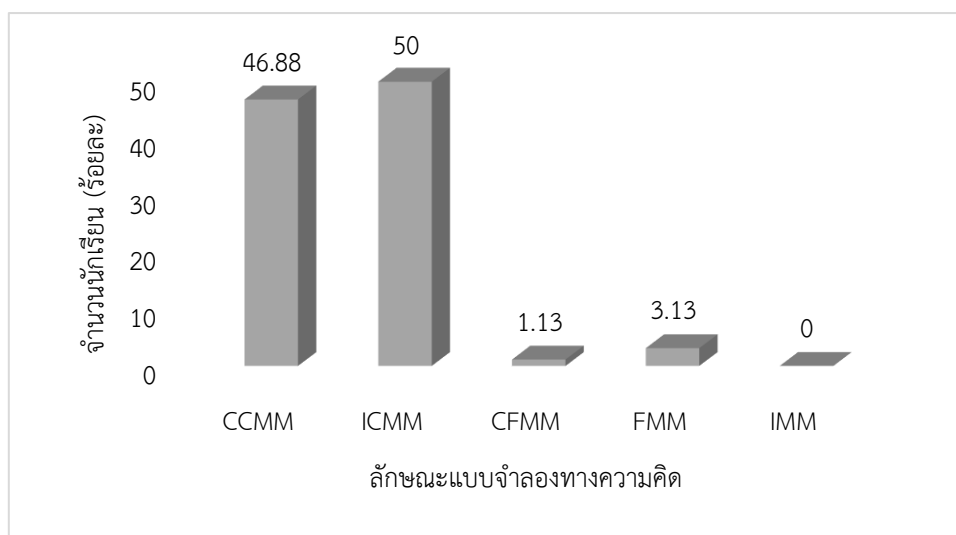
4. ผลของความดันต่อภาวะสมดุล

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนอนุภาคของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล เมื่อระบบถูกรบกวนสมดุลด้วยความดัน โดยการลดปริมาตรของระบบลงครึ่งหนึ่งจากปริมาตรเดิม แล้วเพิ่มปริมาตรของระบบให้กลับเป็นเหมือนเดิมอีกครั้ง ของปฏิกิริยาการรวมตัวของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เกิดเป็นแก๊สไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) ที่เกิดขึ้นในระบบปิด (กระบอกฉีดยา) ดังสมการ $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ผลจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน (ตาราง 5) พบว่านักเรียนร้อยละ 46.88 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนกลุ่มนี้สามารถวาดภาพได้ถูกต้อง (ภาพประกอบ 14ก นักเรียนคนที่ 17) และอธิบายได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ณ ภาวะสมดุลเดิม จำนวนโมลของสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ เมื่อดึงหลอดฉีดยา สักครู่หนึ่งซึ่งเป็นการเพิ่มความดัน ปฏิกิริยาจะไปทางขวา เพื่อลดความดัน จากโมลมากไปโมลน้อย สารตั้งต้นจะลดลงและผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น เมื่อดึงหลอดฉีดยาขึ้นสักครู่หนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มความดัน ปฏิกิริยาจะไปทางซ้าย เพื่อลดความดัน จากโมลน้อยไปโมลมาก สารตั้งต้นจะเพิ่มขึ้นและผลิตภัณฑ์จะลดลง” (นักเรียนคนที่ 17) อย่างไรก็ตามพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 50.00 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนกลุ่มนี้อธิบายได้เหมือนกับกลุ่มแรก แต่นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องสังเกตได้จากภาพวาดของนักเรียน โดยนักเรียนแสดงอัตราส่วนของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน ณ ภาวะสมดุลเก่า ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักปริมาณสัมพันธ์ในสมการเคมี ส่งผลให้นักเรียนแสดงแบบจำลอง ณ ภาวะสมดุลใหม่ไม่ถูกต้องไปด้วย (ภาพประกอบ 14ข นักเรียนคนที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่ามึ

นักเรียนร้อยละ 3.13 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนวาดภาพและอธิบายไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “เมื่อเพิ่มความดัน ปริมาตรของสารจะลดลง และมีสีของสารภายในหลอดจะเข้มขึ้น....” ซึ่งไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และยังพบว่าร้อยละ 3.13 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน ซึ่งพบว่านักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง และอธิบายไม่ครบถ้วน โดยนักเรียนอธิบายเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคเมื่อเพิ่มความดันเท่านั้น แต่ไม่ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงอนุภาคเมื่อลดความดัน



ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องผลของความดันต่อภาวะสมดุลของนักเรียน (ก) แสดงอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักปริมาณสัมพันธ์ (ข) แสดงการปรับตัวของระบบเพื่อลดผลการรบกวนนั้น

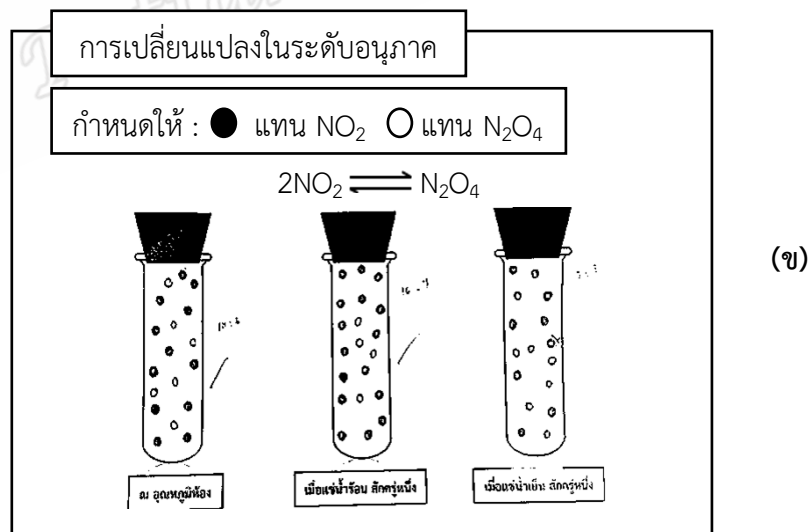
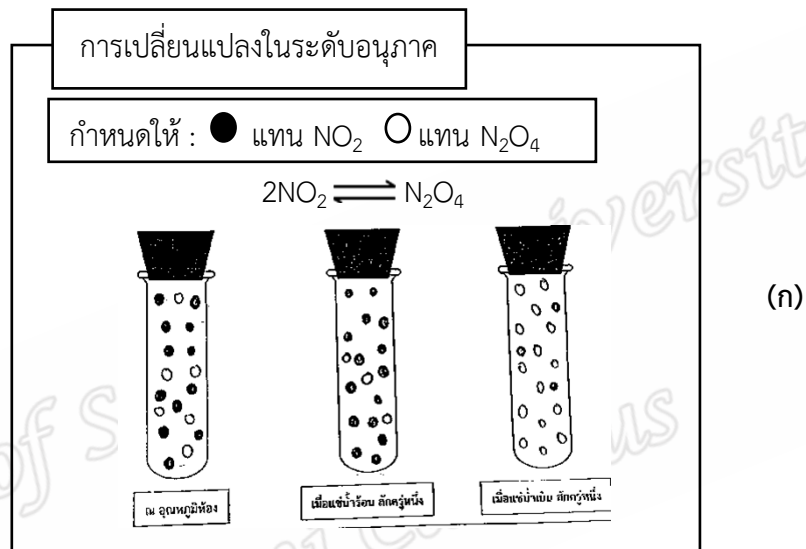


ภาพประกอบ 14 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิด
เรื่องผลของความดันต่อภาวะสมดุลของนักเรียน

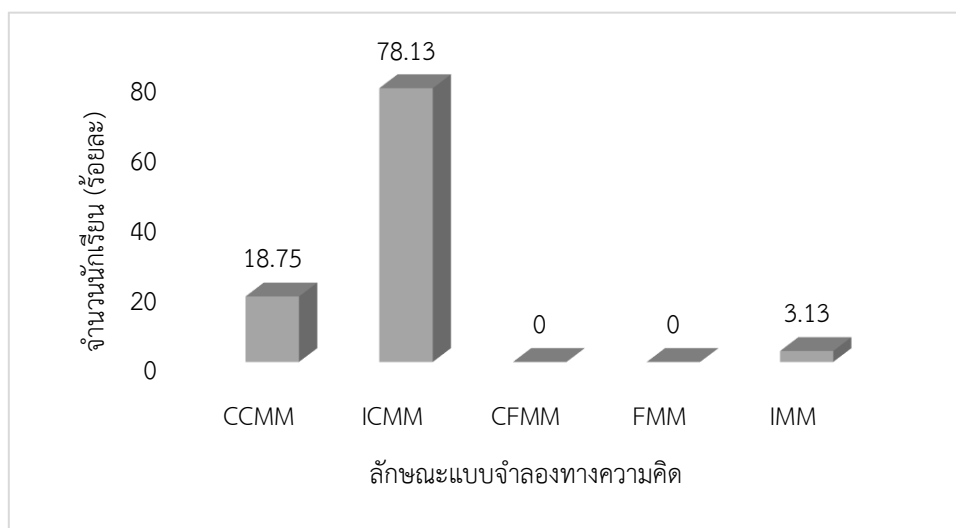
5. ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนอนุภาคของสาร ณ ภาวะสมดุล เมื่อระบบถูกรบกวนสมดุลด้วยอุณหภูมิ โดยการเพิ่มอุณหภูมิของระบบและลดอุณหภูมิของระบบของปฏิกิริยาการรวมตัวของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเป็นแก๊สที่มีสีน้ำตาล เกิดเป็นแก๊สไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) ซึ่งเป็นแก๊สที่ไม่มีสีที่เกิดขึ้นในระบบปิด (หลอดทดลองมีจุกปิด) ดังสมการ $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ผลจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน (ตาราง 5) พบว่านักเรียนร้อยละส่วนใหญ่ (ร้อยละ 78.13) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ (แช่น้ำร้อนซักครู่) ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ และเมื่อลดอุณหภูมิ (แช่น้ำเย็นซักครู่) ระบบจะปรับตัวเพื่อเพิ่มอุณหภูมิเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “เมื่อแช่น้ำร้อนสักครู่ สีจะเข้มขึ้น เกิดปฏิกิริยาไปทางซ้าย และเมื่อแช่น้ำเย็นสักครู่ สีจะจางลง เกิดปฏิกิริยาไปทางขวา” (นักเรียนคนที่ 14) แต่จากภาพวาดของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของระบบสมดุลเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ (แช่น้ำร้อน) ได้ถูกต้อง แต่นักเรียนวาดวาดแสดงการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคเมื่อลดอุณหภูมิ (แช่น้ำเย็น) ในลักษณะที่ตรงข้ามกับรูปวาดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการของเลอชาเตอริเอ (ภาพประกอบ 17ก นักเรียนคนที่ 29) นอกจากนี้พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 3.13 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนวาดภาพได้ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่เขียนอธิบายแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามมีนักเรียนอีกร้อยละ 18.75 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถวาด

ภาพได้ถูกต้องตามหลักหลักการของเลอชาเตอริ (ภาพประกอบ 17ข นักเรียนคนที่ 18) และนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าระบบมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อถูกรบกวน โดยถ้าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิระบบจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น และเมื่อลดอุณหภูมิระบบจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น และถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ระบบจะทำในทางตรงกันถ้าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน เมื่อแช่น้ำร้อนสีกครู่ สีจะเข้มขึ้น เกิดปฏิกิริยาไปทางซ้าย และเมื่อแช่น้ำเย็นสีกครู่ สีจะจางลง เกิดปฏิกิริยาไปทางขวา” (นักเรียนคนที่ 20)



ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างภาพวาดเรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลของนักเรียน (ก) แสดงอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องตามหลักปริมาณสัมพันธ์ (ข) แสดงการปรับตัวของระบบเพื่อลดผลกระทบกวนนั้น



ภาพประกอบ 16 สรุปลักษณะแบบจำลองทางความคิด
เรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลของนักเรียน

นอกจากนี้ผู้วิจัยนำข้อมูลลักษณะแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละคน มาเทียบเป็นคะแนน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์หรือพัฒนาการของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ในแต่ละครั้งของการทดลอง ได้ผลดังนี้

ตาราง 6 คะแนนแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน (n = 32)

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบจำลองทางความคิด					\bar{x}	S.D.
	ครั้งที่ 1*	ครั้งที่ 2*	ครั้งที่ 3*	ครั้งที่ 4*	ครั้งที่ 5*		
1	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.40	0.89
2	2.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.00	1.22
3	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	2.80	1.30
4	2.0	2.0	4.0	5.0	4.0	3.40	1.34
5	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.20	0.45
6	4.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.00	0.71
7	4.0	2.0	3.0	5.0	4.0	3.60	1.14
8	1.0	4.0	3.0	5.0	4.0	3.40	1.52
9	4.0	2.0	5.0	4.0	4.0	3.80	1.10
10	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.80	0.45

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบจำลองทางความคิด					\bar{x}	S.D.
	ครั้งที่ 1*	ครั้งที่ 2*	ครั้งที่ 3*	ครั้งที่ 4*	ครั้งที่ 5*		
11	1.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.40	1.52
12	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.40	0.55
13	1.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.80	1.64
14	1.0	3.0	3.0	5.0	4.0	3.20	1.48
15	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.80	0.45
16	1.0	3.0	5.0	5.0	4.0	3.60	1.67
17	1.0	4.0	3.0	5.0	4.0	3.40	1.52
18	1.0	3.0	5.0	4.0	5.0	3.60	1.67
19	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.20	0.45
20	1.0	2.0	3.0	5.0	4.0	3.00	1.58
21	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.60	0.55
22	1.0	3.0	3.0	5.0	1.0	2.60	1.67
23	1.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.20	1.48
24	1.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.60	1.52
25	1.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.00	1.22
26	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	2.80	1.30
27	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.80	0.45
28	2.0	3.0	3.0	5.0	5.0	3.60	1.34
29	1.0	2.0	5.0	4.0	4.0	3.20	1.64
30	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.60	0.55
31	1.0	2.0	3.0	5.0	5.0	3.20	1.79
32	2.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.80	1.10
ค่าเฉลี่ย	2.19	3.22	3.81	4.47	4.09	3.56	1.16

*หมายเหตุ: ครั้งที่ 1 เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้, ครั้งที่ 2 เรื่องภาวะสมดุล, ครั้งที่ 3 เรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล, ครั้งที่ 4 เรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล และ ครั้งที่ 5 เรื่องผลของต่อภาวะอุณหภูมิสมดุล

จากราย 6 พบว่า คะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 1 เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ครั้งที่ 2 เรื่องภาวะสมดุล ครั้งที่ 3 เรื่องผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ครั้งที่ 4

เรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล และครั้งที่ 5 เรื่องผลของต่อภาวะอุณหภูมิสมดุล มีค่าเท่ากับ 2.19, 3.22, 3.81, 4.47 และ 4.09 ตามลำดับ โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.56 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.16

ตาราง 7 ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

แหล่งความผันแปร	Sum Square	df	Mean Square	F
จำนวนครั้งในการทดลอง (Sphericity Assumed)	101.59	4.00	25.40	32.00*
ความคลาดเคลื่อน (Sphericity)	98.41	124.00	0.79	
ผลรวม	200.00	128.00	26.19	
Mauchly's W	0.57	Sig.	0.06	
Approx. Chi-Square	16.39			

* $p < .01$

จากตาราง 7 พบว่า ค่า Mauchly's W เท่ากับ 0.57 และค่า Approx. Chi-Square เท่ากับ 16.39 และค่า Sig. เท่ากับ 0.06 แสดงว่า แบบจำลองทางความคิดทั้ง 5 เรื่อง มีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของ Sphericity และเมื่อพิจารณาค่า F พบว่า มีค่าเท่ากับ 32.00 และค่า Sig. เท่ากับ 0.00 แสดงว่ามีแบบจำลองทางความคิดอย่างน้อย 1 คู่ของแบบจำลองทางความคิดที่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01 จากนั้นผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ได้ผลดังนี้

ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดในแต่ละครั้ง

ครั้งที่	1 ($\bar{x} = 2.19$)	2 ($\bar{x} = 3.22$)	3 ($\bar{x} = 3.81$)	4 ($\bar{x} = 4.47$)	5 ($\bar{x} = 4.09$)
1 ($\bar{x} = 2.19$)	-	1.03*	1.62*	2.28*	1.90*
2 ($\bar{x} = 3.22$)		-	0.59*	1.25*	0.87*
3 ($\bar{x} = 3.81$)			-	0.66*	0.28
4 ($\bar{x} = 4.47$)				-	-0.38
5 ($\bar{x} = 4.09$)					-

* $p < .01$

จากตาราง 8 พบว่า แบบจำลองทางความคิดที่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน จำนวน 8 คู่ (Sig. < .01) ดังนี้ 1) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 1 และ 2, 2) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 1

และ 3, 3) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 1 และ 4, 4) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 1 และ 5, 5) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 2 และ 3, 6) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 2 และ 4, 7) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 2 และ 5 และ 8) แบบจำลองทางความคิดครั้งที่ 3 และ 4

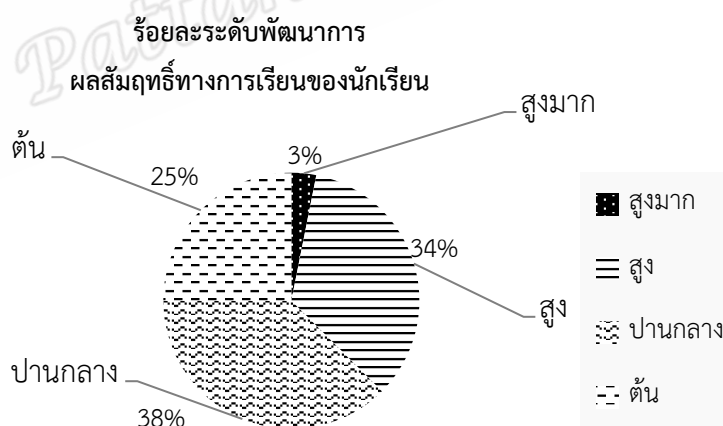
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบครั้งละ 60 นาที และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน และทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent t-test) ได้ผลดังนี้

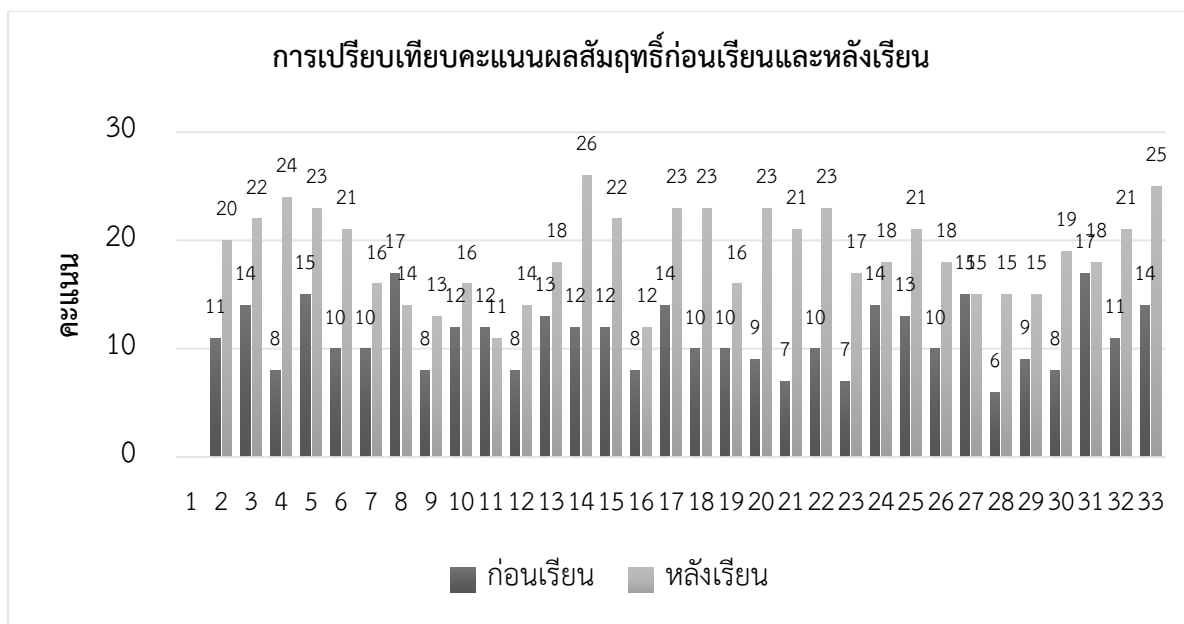
ตาราง 9 แสดงคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน หลังเรียน คะแนนพัฒนาการ (Growth score) คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และระดับพัฒนาการของนักเรียน

นักเรียนคนที่	ก่อนเรียน (30 คะแนน)	หลังเรียน (30 คะแนน)	คะแนน พัฒนาการ	คะแนนเพิ่ม สัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ระดับ พัฒนาการ
1	11	20	9	47	ปานกลาง
2	14	22	8	50	ปานกลาง
3	8	24	16	73	สูง
4	15	23	8	53	สูง
5	10	21	11	55	สูง
6	10	16	6	30	ปานกลาง
7	17	14	-3	-23	ต่ำ
8	8	13	5	23	ต่ำ
9	12	16	4	22	ต่ำ
10	12	11	-1	-6	ต่ำ
11	8	14	6	27	ปานกลาง
12	13	18	5	29	ปานกลาง
13	12	26	14	78	สูงมาก
14	12	22	10	56	สูง
15	8	12	4	18	ต่ำ

นักเรียนคนที่	ก่อนเรียน (30 คะแนน)	หลังเรียน (30 คะแนน)	คะแนน พัฒนาการ	คะแนนเพิ่ม สัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ระดับ พัฒนาการ
16	14	23	9	56	สูง
17	10	23	13	65	สูง
18	10	16	6	30	ปานกลาง
19	9	23	14	67	สูง
20	7	21	14	61	สูง
21	10	23	13	65	สูง
22	7	17	10	43	ปานกลาง
23	14	18	4	25	ต่ำ
24	13	21	8	47	ปานกลาง
25	10	18	8	40	ปานกลาง
26	15	15	0	0	ต่ำ
27	6	15	9	38	ปานกลาง
28	9	15	6	29	ปานกลาง
29	8	19	11	50	ปานกลาง
30	17	18	1	8	ต่ำ
31	11	21	10	53	สูง
32	14	25	11	69	สูง



ภาพประกอบ 17 ร้อยละระดับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน



ภาพประกอบ 18 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	\bar{x}	S.D.	t
ก่อนเรียน	32	11.06	2.94	9.54**
หลังเรียน	32	18.84	4.04	

** $p < .01$

ตาราง 11 ร้อยละระดับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน

ระดับพัฒนาการ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ(%)
สูงมาก	1	3.13
สูง	11	34.38
ปานกลาง	12	37.50
ต่ำ	8	25.00

จากตาราง 10 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 11.06 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.94 และคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 18.84 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.04 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาระดับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน (ตาราง 11) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สูงมาก สูง ปานกลาง และต้น พบว่ามีนักเรียนมีระดับพัฒนาการสูงมาก จำนวน 1 คน นักเรียนมีระดับพัฒนาการสูง จำนวน 11 คน นักเรียนมีระดับพัฒนาการปานกลาง จำนวน 12 คน และนักเรียนมีระดับพัฒนาการระดับต้น จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 3.13, 34.38, 37.50 และ 25.00 ตามลำดับ ดังตาราง 8

ตอนที่ 3 ผลความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ในการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 20 ข้อ ทำการวัดความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากนั้นแปลความหมายค่าเฉลี่ยเป็นระดับความพึงพอใจ ได้ผลดังนี้

ตาราง 12 แสดงค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านบทบาทผู้สอน	4.60	0.49	มากที่สุด
1. ผู้สอนมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า	4.84	0.37	มากที่สุด
2. ผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา	4.50	0.57	มากที่สุด

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3. ผู้สอนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์ แปรผลและสรุปผล	4.53	0.51	มากที่สุด
4. ผู้สอนมีการตั้งคำถามให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบได้ด้วยตนเอง	4.34	0.60	มาก
5. ผู้สอนให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียน	4.78	0.42	มากที่สุด
ด้านบทบาทผู้เรียน	4.33	0.73	มาก
6. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำการทดลอง	4.50	0.72	มากที่สุด
7. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น	4.28	0.63	มาก
8. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้	4.13	0.79	มาก
9. ผู้เรียนรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม	4.28	0.77	มาก
10. ผู้เรียนมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม	4.44	0.76	มาก
ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.54	0.56	มากที่สุด
11. ผู้สอนใช้วิธีการสอนที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน	4.56	0.50	มากที่สุด
12. ผู้สอนมีความเป็นกันเอง และให้โอกาสผู้เรียนในการความคิดเห็นเท่าเทียมกัน	4.84	0.37	มากที่สุด
13. ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นกลุ่ม	4.41	0.80	มาก
14. ผู้สอนมีการใช้สื่อการสอนและรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจ ส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน	4.50	0.51	มากที่สุด
15. กิจกรรมแบบจำลองทางความคิดทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาเรื่องสมดุคเคมีได้มากขึ้น	4.38	0.61	มาก
ด้านการวัดและประเมินผล	4.61	0.52	มากที่สุด
16. ผู้สอนใช้วิธีการวัดและประเมินผลอย่างหลากหลาย	4.34	0.48	มาก
17. ผู้สอนมีการประเมินผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.47	0.57	มาก

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
18. ผู้สอนมีการแจ้งเกณฑ์การประเมินผลชิ้นงาน/ใบงานก่อนเสมอ	4.63	0.66	มากที่สุด
19. ผู้สอนเปิดเผยคะแนนที่ได้จากการวัดผล ทำให้นักเรียนทราบข้อผิดพลาดของตนเองหรือกลุ่ม และนำไปปรับปรุงในครั้งต่อไป	4.88	0.34	มากที่สุด
20. การวัดและการประเมินผลมีความชัดเจน และยุติธรรม	4.75	0.57	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.52	0.58	มากที่สุด

จากตาราง 12 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดสามอันดับแรก คือการที่ผู้วิจัยเปิดเผยคะแนนที่ได้จากการวัดผล ทำให้นักเรียนทราบข้อผิดพลาดของตนเองหรือกลุ่ม และนำไปปรับปรุงในครั้งต่อไป โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 ผู้วิจัยมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.84 และผู้วิจัยมีความเป็นกันเอง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนในการแสดงความคิดเห็นเท่าเทียมกัน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.84 และพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจน้อยที่สุดสามอันดับสุดท้าย คือผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และผู้เรียนรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.28 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านบทบาทผู้สอน ด้านบทบาทผู้เรียน ด้านการจัดการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจด้านการวัดและการประเมินผลมากที่สุด คือมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.61 รองลงมา คือด้านบทบาทผู้สอน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.60 ด้านต่อมา คือด้านการจัดการเรียนการสอน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.54 และสุดท้าย คือ ด้านบทบาทผู้เรียน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.33

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองแบบศึกษากลุ่มตัวอย่างเดียวมีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (One Group Time-Series Research Design) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนมีพัฒนาการแบบจำลองทางความคิดในแต่ละครั้งของการทดลองโดยมีคะแนนแตกต่างกันในทางเพิ่มขึ้น
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 262 คน ที่เรียนรายวิชา ว32223 เคมี 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 15 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งสิ้น 32 คน โดยกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลากโดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ทำการวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง สมดุลเคมี

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

4.2.1 แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี

4.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

4.2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ระยะเวลาในการวิจัยทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ จำนวนทั้งหมด 18 คาบ (คาบละ 50 นาที)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.23 - 0.77 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21 ขึ้นไป

2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท (Likert Scale) จำนวน 20 ข้อ

2.3 ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 5 เรื่องย่อย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 18 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จากสอบถามครูผู้สอนที่เคยจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีในโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล และสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะจากครูและนักเรียน

2. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

3. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ในขั้นนี้ครูจะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย หรือการใช้สื่อต่าง ๆ แล้วกระตุ้นให้

ผู้เรียนเกิดข้อคำถามขึ้น และบางครั้งครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสาธิตโดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสาธิต เป็นต้น โดยครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนเท่าเทียมกันในการตั้งคำถาม

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม ซึ่งสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มต้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองทุกครั้ง โดยผู้เรียนจะแบ่งหน้าที่สลับกันในแต่ละครั้งของการทดลอง ทำให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมและมีโอกาสเรียนรู้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง รูปภาพ เป็นต้น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ในขั้นนี้ครูจะยกตัวอย่างหรือสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่ค้นพบจากการศึกษามาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ดังนั้นในขั้นนี้นอกจากที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ แล้ว ยังเป็นการตรวจสอบว่าอีกว่าองค์ความรู้ที่นักเรียนค้นพบนั้นมีข้อบกพร่องหรือขัดแย้งหรือผิดไปจากทฤษฎีหรือไม่ อย่างไร โดยครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพูดคุยและอภิปรายถึงประเด็นดังกล่าว จากนั้นครูจะตั้งคำถาม และเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมกัน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล ขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนทำกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด โดยใช้ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนทุกคนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนหรือไม่ โดยใบกิจกรรมดังกล่าวให้นักเรียนต้องวาดภาพในระดับอนุภาคและอธิบายเหตุผลประกอบเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทั้งระดับมหภาค และระดับอนุภาค โดยผู้วิจัยจะคอยสังเกตนักเรียนในขณะที่ดำเนินการเรียนการรับรู้ ตรวจสอบผลงานต่าง ๆ ของนักเรียน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบตามแผนที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที และทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจ จำนวน 20 ข้อ

6. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ แล้วนำคำตอบจากใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นำมาวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง สมดุลเคมี ดังนี้

1.1 หาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี

1.2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent t-test)

1.3 หาพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการ (Growth score) วัดคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และนำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ระดับพัฒนาการของศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 268) ดังนี้

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
76-100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51-75	พัฒนาการระดับสูง
26-50	พัฒนาการระดับกลาง
0-25	พัฒนาการระดับต้น

2. วิเคราะห์ข้อมูลของใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด จำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ 2) ภาวะสมดุล 3) ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล 4) ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และ 5) ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล โดยวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนี้

2.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์จากภาพที่นักเรียนวาด และข้อความที่นักเรียนเขียนอธิบาย แล้วนำรูปแบบคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ประมวลผลและนำเสนอในรูปแบบของความเรียง ซึ่งประยุกต์มาจากการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของ Chi and Roscoe (2002: 6-10) ดังนี้ คือ

1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Complete Correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน (Complete flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน (Flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล

6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนวาดภาพแต่ไม่อธิบายเหตุผล

2.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์โดยนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่แล้วหาค่าร้อยละ จากนั้นนำข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละคนมาเทียบเป็นคะแนน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์หรือพัฒนาการของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในแต่ละครั้ง โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

ลักษณะแบบจำลองทางความคิด	คะแนน
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์	5
แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	4
แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วน	3
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องบางส่วน	2
แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง	1

3. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) วิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี โดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจกับเกณฑ์การแบ่งที่กำหนดไว้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.51 – 5.00	ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	ความพึงพอใจในระดับมาก
2.51 – 3.50	ความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	ความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 – 1.50	ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล จังหวัดปัตตานี ซึ่งสามารถสรุปและอภิปรายผลตามลำดับดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีผลต่อแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน

จากการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีจากใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยสังเกตได้จากคะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนทั้ง 5 ครั้ง พบว่า คะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งของทุกเรื่องย่อยของแบบจำลองทางความคิด ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ 2) ภาวะสมดุล 3) ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล 4) ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และ 5) ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละครั้งเท่ากับ 2.19, 3.22, 3.81, 4.47 และ 4.09 โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในเรื่องภาวะสมดุล ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยงในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เป็นเรื่องแรกที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด โดย

พบว่านักเรียนไม่ทราบว่าแบบจำลองทางความคิดคืออะไร ต้องทำอะไรบ้าง ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่
 นั้นมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทาง
 ความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องบางส่วนในเรื่องภาวะสมดุล ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่เข้าใจ
 ที่ภาวะสมดุลต้องมีทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ สังเกตได้จากคำอธิบายของแบบจำลองทางความคิด
 ของนักเรียนพบว่านักเรียนเขียนไว้ว่าที่ภาวะสมดุลมีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น แต่ไม่ได้เขียนสารตั้งต้นแต่อย่าง
 ใด อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ในเรื่องหลักการของเลอชา
 เตอริเอ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้
 ด้วยตัวเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง
 มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างสมาชิกภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ประกอบกับการใช้สื่อการ
 เรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้งระดับ มหภาค และระดับอนุภาค ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจ
 แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีได้ถูกต้องและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวทั้งในระดับมหภาคและ
 ระดับอนุภาคได้ นอกจากนี้พบว่าในครั้งสุดท้ายเรื่องผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล โดยนักเรียนมี
 คะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของเนื้อหา โดยเรื่องผล
 ของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลมีความซับซ้อนมากกว่าเนื้อหาอื่น ๆ โดยนักเรียนต้องพิจารณาเรื่องของ
 ปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนหรือคายความร้อน เพื่ออธิบายทิศทางของปฏิกิริยาว่า
 ปฏิกิริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้พิจารณาถึงประเด็นนี้ทำให้นักเรียน
 ส่วนใหญ่แสดงแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนบางคนแสดง
 แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะช่วงนั้นเป็นช่วงใกล้วันสอบกลางภาคของ
 โรงเรียน ซึ่งนักเรียนมีงานของรายวิชาอื่นอีกหลายรายวิชาที่ต้องเตรียมภายในสัปดาห์นั้น ทำใ้
 นักเรียนบางส่วนทำด้วยความเร่งรีบแล้วแสดงแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง

จากผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฮามีดี๊ะ มูสอ (2554: 155-
 158) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้
 แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีการใช้คำถามปลายเปิดที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับความรู้เดิม
 การส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน การใช้คำถามเพื่อร่วมกันอภิปราย
 การใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายเน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับ
 สัญลักษณ์ และระดับจุลภาค และมีการนำแบบจำลองทางความคิดไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นใน
 ชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องบางส่วนใน
 ทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ใน
 กลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิง
 วิทยาศาสตร์ ทำนองเดียวกับงานวิจัยของ ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2544: 134-140) ที่ศึกษาเรื่องการ

พัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้างแสดงออก ทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น จากงานวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556: 167-175) ที่ศึกษาเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมมีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) สำหรับในแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีการใช้กิจกรรมอุปมาในการจัดการเรียนรู้ และมีการสอดแทรกกิจกรรมที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีพัฒนาแบบจำลองทางความคิดในแต่ละครั้งของการทดลองเพิ่มขึ้นตามลำดับซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี ก่อนการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 11.06 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.94 (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมี หลังการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 18.84 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.04 (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสมดุลเคมีหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียน

เป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อคำถามหรือข้อสงสัย เกิดความคิด และแสวงหาคำตอบหรือข้อเท็จจริงด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำมาประมวลคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง และเกิดการเรียนรู้มากขึ้น ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน (ผดุงยศ ดวงมาลา, 2530: 122; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531: 502; กองการวิจัยทางการศึกษา, 2536: 11; ภพ เลหาทไพบูลย์, 2542: 123; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544: 43; ทิศนา แคมมณี, 2545: 7; ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552: 332 และ สุคนธ์ สินธพานนท์, 2558: 49-50)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งในขั้นนี้ครูจะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย หรือการใช้สื่อต่าง ๆ แล้วกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อคำถามขึ้น และบางครั้งครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสาธิตโดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสาธิตเป็นต้น โดยครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนเท่าเทียมกันในการตั้งคำถาม ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความกระตือรือร้น มีการซักถาม ทำให้บรรยากาศการเรียนรู้เป็นไปด้วยความสนุกสนาน ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม ซึ่งสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มต้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองทุกครั้ง โดยผู้เรียนจะแบ่งหน้าที่สลับกันในแต่ละครั้งของการทดลอง ทำให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมและมีโอกาสเรียนรู้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลอง ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับสมมูลเคมีมากขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง เมื่อผู้เรียนมีข้อคำถามหรือข้อสงสัย ครูจะตั้งคำถามกับผู้เรียนกลับแทนการตอบคำถามนั้นโดยตรง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และค้นพบความรู้หรือคำตอบนั้นด้วยตนเอง ทำให้บรรยากาศปฏิบัติการทดลองเป็นไปด้วยความสนุกสนาน และครูต้องคอยกำชับเรื่องเวลา เนื่องจากนักเรียนบางกลุ่มเพลิดเพลินกับการทดลอง โดยใช้เวลามากกว่าที่กำหนดไว้ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง รูปภาพ เป็นต้น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความกระตือรือร้นในการตอบคำถาม มีการปรึกษาหารือกับเพื่อนภายในกลุ่มตลอดจนเพื่อนต่างกลุ่ม โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมกัน และไม่ตำหนิหากนักเรียนตอบผิด ทำให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออก และนักเรียนมีเหตุผลในการตอบคำถามโดยนักเรียนอ้างอิงจากการปฏิบัติการทดลองร่วมกับการอภิปรายร่วมกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง และรู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ในขั้นนี้ครูจะยกตัวอย่างหรือสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่

ค้นพบจากการศึกษามาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ดังนั้นในขั้นนี้นอกจากที่นักเรียนจะได้นำองค์ความรู้ที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ แล้ว ยังเป็นการตรวจสอบว่าอีกว่าองค์ความรู้ที่นักเรียนค้นพบนั้นมีข้อบกพร่องหรือขัดแย้งหรือผิดไปจากทฤษฎีหรือไม่ อย่างไร โดยครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพูดคุยและอภิปรายถึงประเด็นดังกล่าว จากนั้นครูจะตั้งคำถาม และเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมกัน โดยนักเรียนมีความกระตือรือร้นในการตอบคำถามโดยอ้างอิงจากองค์ความรู้ที่นักเรียนค้นพบจากขั้นที่ผ่านมา ซึ่งถ้านักเรียนตอบผิด ครูจะตั้งคำถามกลับแทนการตอบคำถามนั้น หรือถ้านักเรียนคนอื่น ๆ ที่สามารถตอบคำถามนี้ได้ ครูก็จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบาย จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเรื่องดังกล่าวอีกครั้ง เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นการทบทวนความรู้ดังกล่าวอีกด้วย และขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล ขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนทำกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด โดยใช้ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนทุกคนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนหรือไม่ โดยใบกิจกรรมดังกล่าว นักเรียนต้องวาดภาพในระดับอนุภาคและอธิบายเหตุผลประกอบเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทั้งระดับมหภาคและระดับอนุภาค ซึ่งการที่นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดมาใช้ในการอธิบายหรือบรรยายสิ่งที่ศึกษา ซึ่งเป็นแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นแนวคิดที่ยากต่อทำความเข้าใจและเป็นนามธรรม (Van Driel, 2002) แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ อย่างแท้จริง โดยนักเรียนแต่ละคนก็มีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละบุคคลและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (ณัชชฤต เกื้อทาน, 2557: 20; ทรัพย์ สุกัทรชัยวงศ์, 2556: 19-20; ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552: 23-24; Norman, 1983: 7-14; Harrison and Treagust, 1996: 510; Buckley and Boulter, 2000: 120 และ Jonassen and Cho, 2008: 145)

จากผลการวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาชิ ดราแม (2558: 89) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าสถิต หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ แทนทวี เล็บครุฑ (2556: 51) ที่ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ 5E พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรม 5E มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมดุลเคมี หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำนองเดียวกับงานวิจัยของ จินตวิรี โยสีดา (2554: 64) ซึ่งศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไปโอติเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไปโอติเซล หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาและกระบวนการแสวงหาความรู้ทำให้สามารถพัฒนาสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง รู้จักค้นคว้าหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ฝึกการตั้งคำถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน มีอิสระในการคิดและลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และมีประสบการณ์ตรง ทำให้นักเรียนเกิดเรียนรู้อย่างมีความหมาย และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับสมดุลเคมีมากขึ้น

ผลการวิจัยสรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเรื่องสมดุลเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีความพึงพอใจมากที่สุดต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) อยู่ในระดับมากที่สุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.52 คะแนน และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวัดและการประเมินผล ด้านบทบาทผู้สอน และด้านการจัดการเรียนการสอน โดยได้คะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.61, 4.60 และ 4.54 คะแนน ตามลำดับ ส่วนด้านบทบาทผู้เรียนนักเรียนมีความพึงพอใจมากเท่า นั้น โดยได้คะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.33 คะแนน แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered learning) เน้นให้ผู้เรียนได้กระทำหรือลงมือปฏิบัติสิ่งต่าง ๆ ด้วยตัวผู้เรียนเอง (Learning by doing) และสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบ การทดลอง และการสร้างแบบจำลองทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ และทฤษฎี และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย เริ่มจากการตั้งคำถาม ครูผู้สอนมักจะใช้คำถามหรือสื่อการสอนต่าง ๆ ให้ผู้เรียนเกิดการสังเกตหรือเกิดข้อสงสัยขึ้นภายในตนเอง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะและฝึกกระบวนการตั้งคำถามซึ่งจะนำไปสู่การดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบผ่านกระบวนการทดลอง จากนั้นลงมือปฏิบัติการทดลอง แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์และใช้เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายและสังเคราะห์ออกมาเป็น

แบบจำลองและคำอธิบายของตนเอง โดยมีครูผู้สอนคอยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และคอยให้คำแนะนำในการเรียนรู้ ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้ฝึกตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียนโดยเท่าเทียมกัน ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง ในการจัดการเรียนการสอนหากนักเรียนคนใดมีข้อสงสัยหรือคำถามใด ๆ ที่ยังไม่เข้าใจครูมักจะเดินไปหาและใช้คำถามกลับไปกับผู้เรียน ให้ผู้เรียนพยายามคิดหาคำตอบด้วยตัวผู้เรียนเองและช่วยกันภายในกลุ่มแทนการตอบคำถามนั้นโดยตรง มีการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับครูและระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง ช่วยให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูผู้สอนกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองเพิ่มขึ้น ผู้สอนรู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคลมากขึ้น ทำให้บรรยากาศการเรียนรู้เป็นไปมีความเป็นกันเองและเกิดความสุขสนุกสนานในการเรียนรู้ สามารถสังเกตได้จากสีหน้า มีเสียงหัวเราะ ความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และการปฏิบัติการทดลอง การกล้าแสดงความคิดเห็นหรือตั้งคำถามและยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น ความร่วมมือภายในกลุ่ม และนอกเวลาเรียนหากผู้เรียนคนใดหรือกลุ่มใดมีข้อสงสัยหรือคำถามเกี่ยวกับการเรียนการสอนผู้เรียนมักจะมาถามครูผู้สอนเสมอ นอกจากนี้มีการประเมินผลที่ชัดเจน มีการแจ้งเกณฑ์การประเมินผลแก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานของตนเองให้มากที่สุด อีกทั้งผู้สอนมีการเปิดเผยคะแนน พร้อมทั้งบอกข้อผิดพลาดจากชิ้นงาน ทำให้ผู้เรียนสามารถนำข้อเสนอแนะดังกล่าวไปใช้ในการปรับปรุงในงานชิ้นต่อไปได้ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าผู้สอนมีการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ของนักเรียน และเตรียมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อตอบสนองความต้องการของนักเรียน รวมถึงการที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมแล้วประสบผลสำเร็จตามความต้องการของนักเรียน เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนได้รับการตอบสนองเบื้องต้นตามทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ (Maslow) และการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข เกิดความพึงพอใจในการเรียน (วันเพ็ญ พิศาลพงศ์, 2540: 23; อีรพงศ์ แก่นอินทร์, 2545: 36; อัมพวา รักบิดา, 2549: 47; สุดารัตน์ อะหลีแอะ, 2558: 48 และ Scott, 1970: 124)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีการนำไปกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนควรให้ความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดและใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดแก่ผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้หรือแบบจำลองทางความคิดดังกล่าว นอกจากนี้ครูผู้สอนควรยืดหยุ่นเรื่องเวลาในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เมื่อผู้เรียนมีข้อสงสัยหรือคำถามใด ๆ ครูผู้สอนควรใช้คำถามกลับหรือบอกแนวทางเพื่อให้ผู้เรียนหาคำตอบนั้นด้วยตัวเองหรือให้ช่วยกันหาคำตอบภายในกลุ่มแทนการตอบคำถามนั้นแบบตรง ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการทำงานร่วมกัน เป็นต้น

1.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีการนำไปกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรใช้สื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ โดยใช้คู่กับการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้จากทั้ง 3 ระดับได้

1.4 การประเมินใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด โดยการวิเคราะห์และแบ่งกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน ควรเพิ่มจำนวนผู้ประเมินอย่างน้อย 3 คน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้น่าเชื่อถือมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีการนำไปกิจกรรมแบบจำลองทางความคิดมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรศึกษาความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียนเรื่องสมดุลเคมีในแต่ละหัวข้อย่อย เพื่อให้ผู้สอนสามารถนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมและป้องกันความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียนในครั้งต่อไปได้

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี ผู้สอนควรเก็บข้อมูลเชิงลึกกว่านี้ เช่น การสัมภาษณ์ผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือใช้แบบสอบถามชนิดปลายเปิด เป็นต้น

2.3 ควรมีการชี้แจงและฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้แบบจำลองทางความคิดก่อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อลดเวลาในการจัดการเรียนรู้

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *แนวทางการวัดและประเมินผลในชั้นเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตเซอร์วิส.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพ วิชาการ (พว.).
- _____ และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3), 86.
- ณัชชฤต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- ณัชชฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง. 2554. *แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. *Songklanakarin J. of Social Sciences & Humanities*. 17 No. 2 Mar. - Apr. 2011. 300-314
- ทศนา แคมมณี. (2545). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2550). *วิธีการสอนสำหรับครูมืออาชีพ*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2547). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์. (2545). ผลของวิธีสอนแบบโครงการต่อเจตคติความพึงพอใจคุณลักษณะอื่นและระดับผลการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. สงขลานครินทร์, 2545, 34-45.

ประจวบจิตร คำจัตุรัส . (2535). *ประมวลผลการศึกษาและการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . (สำเนา)

ประภัสสร แก้วพิลาธมย์. (2554). *การศึกษาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

ผดุงยศ ดวงมาลา. (2530). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ผ่องพรรณ ตรียมงคลกุล และ สุภาพ ฉัตรภรณ์. (2555). *การออกแบบการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณวิไล ชมชิต. (2550). *การใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2548). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: แฮ้าส์ออฟเคอร์มีส์.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน* 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

- เลิศศักดิ์ ประกอบชัยชนะ. (2544). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการสอนโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครู ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี).
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). *การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- วรรณิ แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วันเพ็ญ พิศาลพงศ์. (2540). *การถ่ายทอดทางสังคมกับการพัฒนาการของมนุษย์.* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). *พลังเรียนรู้ในกระบวนการที่คนใหม่.* กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). *การวิจัยปฏิบัติการ.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). *ทฤษฎีการประเมิน.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภกาญจน์ รัตนกร. (2552). *การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องกรด-เบส.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: องค์การคาของคุรุสภา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: บริษัท อินเทอร์เน็ตเคชั่นส์ ซัพพลายส์ จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015.* สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2559, สืบค้นจาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports>.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กทม.: ประสานการพิมพ์.

สาโรช โศภีรักษ์. (2546). *นวัตกรรมการสอนที่ยืดหยุ่นเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: บริษัทบุคพอยท์ จำกัด.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). *แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง(พ.ศ. 2552-2559)*. กรุงเทพฯ: บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549). “การจัดการเรียนรู้ของครูนักปฏิบัติ”. *วารสารวิชาการ*.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานนายกรัฐมนตรี. (2545). *แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (2545 -2549)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่..เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิควรรณศิลป์.

สุภารัตน์ อะห์ลีแอ. (2558). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)*.

สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์ เซ็นเตอร์.

สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

- อาชิ ตราแม. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้ โจทย์ปัญหาของโพลยา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
- อัมพวา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5. (ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี).
- ฮามีดี๊ะ มูสอ. (2555). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- Bergquist, W. and Heikinen, H. (1990). Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*. 67(12), 1000–1003.
- Boulter, C. J. and Buckley, B. C. (2000). Constructing a typology of models for science Education. Gilbert, J. K. and Boulter, C. J. (Eds). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 41-57.
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W., and Krathwohl, D. (Eds). (1956). *Taxonomy of Educational Objectives Handbook I : The cognitive domain*. New York: David Mckay.
- Carin, Arthur A., and Robert B. Sund. (1975). *Teaching Science through Discovery*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing.
- Chiu, M. H., Chou, C. C. and Liu, C. J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(8), 688-712.
- Coll, R. K. (1999). *Learners' mental models of chemical bonding*. Thesis of Doctor Degree: Curtin University of Technology, Perth.
- _____. and Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*. 31(3), 357-382.

- _____. and Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(5), 468-886.
- Ebel, R. L. and Frisbie, D. A. (1986). Essentials of Educational Measurement. *Journal of Educational Measurement*. 24(2), 182-184
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. and Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert, and C. J. Boulter. (Eds). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 3-18.
- _____. (2004). Model and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2(2), 115-130.
- _____. (2005). *Visualization in science education*. Netherlands: Springer-Verlag Inc.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of education (3rd ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Kousathana, M. and Tsaparis, G. (2002). Students' errors in solving numerical chemical equilibrium problems. *Chemical Education: Research and Practice in Europe*. 3(1), 5-17.
- Harrison, A. G. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*. 84(3), 352-381.
- _____. and D. F. Treagust. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*. 80(5), 509-534.
- Huddle, P. A. and Pillay, A. E. (1996). An in-depth study of misconceptions in Stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. *Journal of Research in Science Teaching*. 33(1), 65-77.
- Jonassen, D. H. and Cho, Y. H. (2008). *Externalizing Mental Models with Mindtools*. University of Missouri, New York: Springer. 145-159.

- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in *Science. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill Book Company. 559-642.
- Briggs, M. W. (2006). *Teaching Chemical Equilibrium using a Macro Level Analogy*. Indiana University of Pennsylvania. BCCE 2006.
- Maia, P. F. and R. Justi. 2009. Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*. 31(5), 603-630.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner and A. L. Stevens. (Eds.). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 7-14.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2007). Effect of model-based teaching on pre-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and other lunar phenomena. *International Journal of Science Education*. 29(5), 555-593.
- Ozmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium : a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*. 9(3), 225-233.
- Scott, P. (1970). *The Process of Conceptual Change in Science*. New York: Cornell University.
- Simpson Ronald D. and Anderson Norman D. (1981). *Science, Student, and School: A Guide for the Middle and Secondary School Teacher*. New York: John Wiley & Sons.
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*. 87(5), 732-758.
- Van Driel, J.H. (2002). Students' Corpuscular Conceptions in the Context of Chemical Equilibrium and Chemical Kinetics. *Chemical Education: Research and Practice in Europe*. 3(2). 201-213.

Van Der Valk, T., Van Driel, J. and De Vos, W. (2007). Common characteristics of models in present-scientific practice. *Research in Science Education*. 37(4): 469–488.

White, R. and R. Gunstone. (1992). *Probing Understanding*. London: The Falmer Press.

Williamson, V. M. and M. R. Abraham. (1995). The effect of computer animation on the particulate mental model of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*. 32(5), 521-534.

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก จ ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนรู้

ภาคผนวก ก

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในหัวข้อเรื่องผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล จังหวัดปัตตานี

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) และใบงานแบบจำลองทางความคิด

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. นายพงษ์รัตน์ ธรรมชาติ | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล
จังหวัดปัตตานี |
| 2. นางกุลวรา เต็มรัตน์ | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล
จังหวัดปัตตานี |
| 3. นางอาติละห์ เจ๊ะแม | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบ้านวังสำราญ อำเภอยะหา
จังหวัดยะลา |

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมมูลเคมี

- | | |
|------------------------|---|
| 1. นายอนุวัตร วอลี | อาจารย์ประจำหลักสูตรเคมีประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยฟาฏอนี |
| 2. นางกุลวรา เต็มรัตน์ | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล
จังหวัดปัตตานี |
| 3. นางอาติละห์ เจ๊ะแม | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบ้านวังสำราญ อำเภอยะหา
จังหวัดยะลา |

แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

1. ดร. มัทธิ แวตราแม อาจารย์ภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
2. นายอนุวัตร วอลี อาจารย์ประจำหลักสูตรเคมีประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยฟาฏอนี
3. นางสาวอาน แก้วเนียม ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล
จังหวัดปัตตานี

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์

สำเนาฉบับ



ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/๐๑๙

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ต.รัฐสมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๔๐๐๐

๑๓ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาปริญญาโทเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล

ด้วยนายอับดุลเลาะ อุมาร์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่อง สมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี” โดยมี ดร.ณัฐินี โฉมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี่ ลาเต๊ะ และอร.อุสมาน สารี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยสอบถามและเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในการทำวิทยานิพนธ์ ในหน่วยงานของท่านเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ซึ่งวันเวลาในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะประสานกับทางโรงเรียนอีกครั้งหนึ่ง และขอรับรองว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อผลเสียหายต่อหน่วยงานของท่านแต่อย่างใด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา

โทร. ๐๗๓-๓๓๗๗๘๘๒

โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๗๘๘๒

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

สำเนาฉบับ



ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/ว๐๑๐

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์พงษ์ศักดิ์ ธรรมชาติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เครื่องมือวิจัย จำนวน ๒ ชุด

ด้วยนายนายอับดุลเลาะ อุมาร์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (๕Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี” โดยมี ดร. ณัฐินี โมพันธ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาฟิฟี่ ลาเต๊ะ และ ดร. อุสมาน สารี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป รายละเอียดตามเครื่องมือวิจัย ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา

โทร. ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ตัวอย่างใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา ว 32223 เคมี 3

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

เรื่อง ภาวะสมดุล

จำนวน 2 คาบ (100 นาที)

วันที่.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ผลการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.2 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. สามารถอธิบายความหมายภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิมัลชัน และสมดุลในปฏิกิริยาเคมีได้
2. สามารถบอกวิธีการทดสอบและสรุปสมบัติของระบบ ณ ภาวะสมดุลได้
3. สามารถเขียนกราฟแสดงความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ภาวะสมดุล และกราฟอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลาที่ภาวะสมดุลได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิมัลชัน และสมดุลในปฏิกิริยาเคมีได้
2. บอกวิธีการทดสอบและสรุปสมบัติของระบบ ณ ภาวะสมดุลได้
3. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และสมดุลในปฏิกิริยาเคมี
4. เขียนกราฟแสดงความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ภาวะสมดุลได้ และเขียนกราฟอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลาที่ภาวะสมดุลได้
5. สร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมี

3. สารสำคัญ

การเกิดสมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิมิตัว หรือสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ระบบเหล่านี้ต้องเป็นระบบปิดและเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ โดยสารต่างๆ ในระบบยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วเท่ากัน เกิดสมดุลไดมิก ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่ ณ อุณหภูมินั้น ในปฏิกิริยาใด ๆ จะเกิดสมดุลได้จะต้องมีสมบัติ ดังนี้

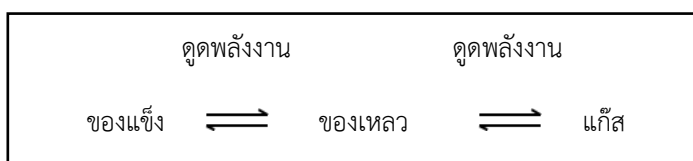
1. เกิดในระบบปิด
2. เป็นปฏิกิริยาเคมีที่สามารถผันกลับได้
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า เท่ากับ อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ
4. สมบัติของระบบจะต้องคงที่
5. เป็นสมดุลไดนามิก
6. สารทุกตัวในระบบต้องอยู่ครบ ไม่ว่าจะปฏิกิริยาจะเกิดนานเพียงใดก็ตาม
7. ระบบสามารถเข้าสู่สมดุลได้จากการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า หรือ ย้อนกลับก็ได้
8. ที่ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารทุกตัวในระบบจะต้องคงที่ แต่ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

4. สารการเรียนรู้

เมื่อสารทำปฏิกิริยากันที่ภาวะสมดุลจะมีทั้งสารที่เข้าทำปฏิกิริยา (reactant) และผลิตภัณฑ์ (product) ภาวะสมดุล (equilibrium state) เกิดขึ้นเมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า (forward reaction) เท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (reverse reaction) ถ้าในระบบที่พิจารณาถ้าปฏิกิริยาเปลี่ยนไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา เรียกว่า สมดุลพลวัต หรือสมดุลไดนามิก (dynamic equilibrium) เขียนแทนด้วยลูกศรไป-กลับ (\rightleftharpoons) แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ภาวะสมดุลระหว่างสถานะ

สารต่างๆ สามารถเปลี่ยนสถานะได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานควบคู่ไปด้วย (สร้างคายสลายดูด) ดังแผนภาพนี้



จากแผนภาพด้านบน ระบบจะเป็นสภาวะสมดุลได้ก็ต่อเมื่อ จะต้องอยู่ในระบบปิดเท่านั้น ตัวอย่างเช่น

Solid \rightleftharpoons gas เช่น $I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(g)}$ การระเหิดของเกิลต์ไอโอดีน

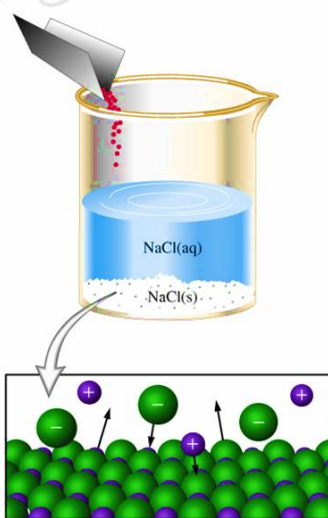
Solid \rightleftharpoons liquid เช่น $H_2O_{(s)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$

Liquid \rightleftharpoons gas เช่น $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

เราสามารถสังเกตจากสีที่คงที่ หรือ สถานะของสารคงที่ดูเสมือนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ความจริงแล้วระบบมิได้หยุดนิ่งและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเรียกการเกิดสภาวะแบบนี้ว่า “สมดุลไดนามิก” ดังนั้นภาวะสมดุลระหว่างสถานะ ก็เป็นสมดุลไดนามิก

2. ภาวะสมดุลในสารละลายอิ่มตัว

เมื่อให้ตัวถูกละลาย ละลายในตัวทำละลาย ตัวถูกละลายก็จะละลายได้เร็วในตอนแรกแล้วละลายได้ช้าลงและเมื่อเกิดสารละลายอิ่มตัว เราจะพบว่าตัวถูกละลายไม่ละลายต่อไปอีกไม่ว่าจะคนสารละลายเป็นเวลานานเท่าใดถ้าอุณหภูมิคงที่ เช่น การนำเกลือแกง (NaCl) มาละลายน้ำ จนได้สารละลาย และละลายต่อจนได้สารละลายอิ่มตัว เมื่อตั้งสารละลายอิ่มตัวไว้จะเกิดผลึกของ NaCl เกิดขึ้น แล้วจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนในที่สุดผลึกคงที่ เรายังดูเหมือนว่าไม่เกิดผลึกอีก แต่ในระบบผลึกยังคงเกิดขึ้นเรื่อยๆแล้วก็ละลายในสารละลายอีกด้วย ดังนั้น ภาวะสมดุลในสารละลายอิ่มตัวก็เป็นสมดุลไดนามิก



ที่มา: http://dluetgens.com/ksp_equilibrium.html

3. ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้และเกิดปฏิกิริยาในระบบปิด โดยระบบ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่

1) ระบบเปิด (Opened system) คือระบบที่มีการถ่ายเทได้ทั้งมวลสารและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม

2) ระบบปิด (Closed system) คือระบบที่มีการถ่ายเทเฉพาะพลังงานอย่างเดียว แต่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารแก่สิ่งแวดล้อม

3) ระบบโดดเดี่ยว (Isolated system) คือระบบที่ไม่มีการถ่ายเททั้งพลังงานและมวลสารแก่สิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างสมดุลในปฏิกิริยาเคมี เช่น $\text{CO(g)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_4\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$ จากสมการข้างต้น ถ้าเริ่มต้นเราใส่ CO จำนวน 1.0 โมล และ H_2 จำนวน 3.0 โมล ลงในภาชนะขนาด 10 ลิตร ที่อุณหภูมิ 1200 K อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง CO กับ H_2 ขึ้นกับความเข้มข้นของ CO และ H_2 คือตอนแรกๆ สารทั้งสองชนิดมีความเข้มข้นมาก แต่เมื่อสารทำปฏิกิริยากัน ความเข้มข้นจะลดลงเรื่อยๆ นั่นคือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงในช่วงแรกๆ แล้วจะค่อยๆ ลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ (ที่มีค่าเท่ากับศูนย์ในตอนแรก) จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น และมีค่าคงที่เมื่อถึงภาวะสมดุล หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า ตอนแรกๆอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมีค่าเป็นศูนย์แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล ที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารต่างๆ มีค่าคงที่ และเราจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ อีกถึงแม้ว่าปฏิกิริยายังคงดำเนินไป ดังนั้นในปฏิกิริยาใด ๆ จะเกิดสมดุลได้จะต้องมีสมบัติ ดังนี้

1. เกิดในระบบปิด
2. มีสมดุลไดนามิก
3. ยังมีสารตั้งต้นเหลืออยู่
4. ระบบสามารถเข้าสู่สมดุลได้ไม่ว่าจะเริ่มต้นจากไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ
5. เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้
6. ความเข้มข้น, ความดัน และ อุณหภูมิมีผลต่อภาวะสมดุล

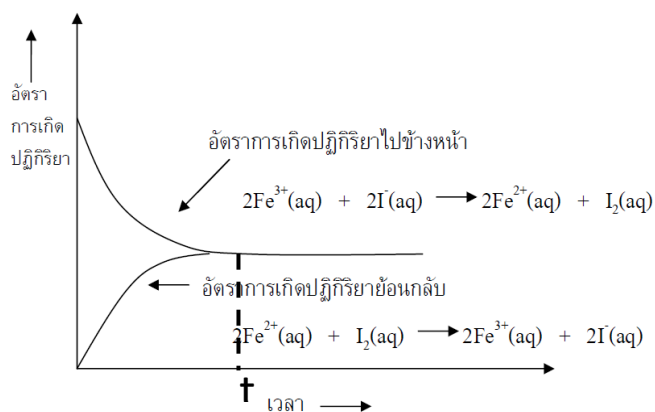
การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของระบบไม่ขึ้นอยู่กับทิศทาง ไม่ว่าจะเริ่มจากการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าหรือเริ่มจากการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล ภาวะสมดุลที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ

การเขียนกราฟแสดงการเกิดภาวะสมดุล เขียนได้สองลักษณะ คือ

1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลา

(กราฟแสดงภาวะสมดุลระหว่าง Fe^{3+} กับ I^- โดย t_1 แสดงเวลาที่ระบบเริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุล)

การทดลองที่ 7.3

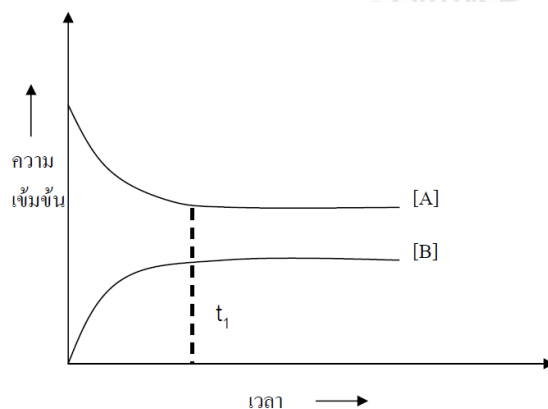


จากกราฟ ปฏิกิริยาไปข้างหน้า เป็นดังนี้ $2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$
 ปฏิกิริยาไปย้อนกลับ เป็นดังนี้ $2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq})$
 สามารถเขียนปฏิกิริยาไปผันกลับ ได้ดังนี้ $2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$

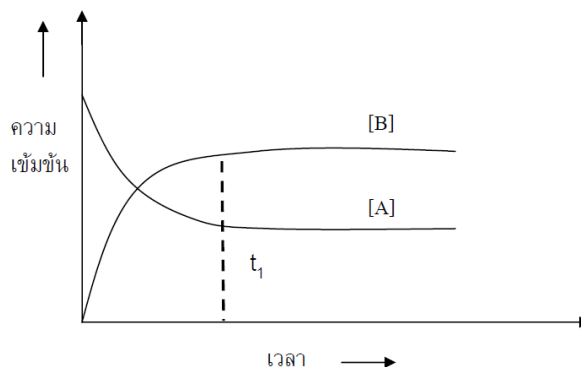
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา

แบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

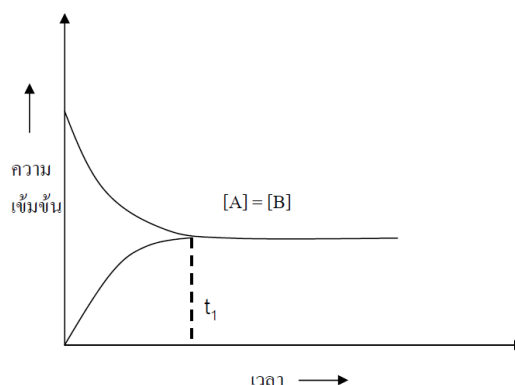
ก. ที่ภาวะสมดุลที่เวลา t_1 ความเข้มข้นของสาร A มากกว่าความเข้มข้นของสาร B (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากกว่าความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์)



ข. ที่ภาวะสมดุลที่เวลา t_1 ความเข้มข้นของสาร A น้อยกว่าความเข้มข้นของสาร B (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นน้อยกว่าความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์)



ค. ที่ภาวะสมดุลที่เวลา t_1 ความเข้มข้นของสาร A เท่ากับความเข้มข้นของสาร B (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเท่ากับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์)



5. การจัดการกระบวนการเรียนรู้ (5Es)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ว่าเป็น การเปลี่ยนแปลงที่มีทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับต่อเนื่องตลอดเวลา โดยเมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นสารตั้งต้นได้อีก หลังจากนั้นครูบอกว่า “ปฏิกิริยาผันกลับได้หรือการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับได้นี้ จะนำไปสู่เรื่องของการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลซึ่งเป็นเรื่องที่เราจะเรียนกันในวันนี้”

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำถามที่ครูถามว่า “นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาผันกลับได้เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไประยะเวลาหนึ่ง สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งจะหมดไปหรือยังคงเหลืออยู่ทั้งสองชนิด และยังคงทำปฏิกิริยาต่อไปหรือไม่ เพราะเหตุใด?” (ขึ้นอยู่กับคำตอบของนักเรียน)

3. จากนั้นครูบอกนักเรียนว่า “วันนี้เราจะมาทดสอบว่าสมดุลในปฏิกิริยาเคมีเป็นอย่างไร มีสารใดเหลือบ้างที่ภาวะสมดุล จากการทดลองที่ 7.2 และ 7.3”

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มๆละ 5-6 คน

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองที่ 7.2 การทดสอบไอออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) ไอออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และ ไอโอดีน (I_2) และการทดลองที่ 7.3 การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และ ไอออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) ซึ่งก่อนการทดลองนักเรียนทำความเข้าใจล่วงหน้าไว้ก่อนแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในขณะทดลอง และจะได้คอยสังเกตและบันทึกผลให้ได้

ตามที่ต้องการ และทบทวนความจำของนักเรียนว่า ไอออนของเหล็กที่มีประจุสองบวก (Fe^{2+}) เรียกว่าไอออนทูไอออนหรือเฟอร์รัสไอออน ส่วนไอออนของเหล็กที่มีประจุสามบวก (Fe^{3+}) เรียกว่าไอออนทรีไอออนหรือเฟอร์ริกไอออน

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนไปรับอุปกรณ์การทดลอง ดำเนินการทดลอง และบันทึกผลการทดลองตามรายละเอียดในใบงานที่ 2 และใบงานที่ 3

การทดลอง 7.2 เรื่อง การทดสอบไอออน(III) ไอออน (Fe^{3+}) ไอออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และไอโอดีน (I_2)

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีทดสอบไอออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) ไอออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และไอโอดีน (I_2)
2. บอกวิธีทดสอบไอออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) ไอออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และไอโอดีน (I_2) ได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลายไอออน (III) ไนเตรต
2. สารละลายแอมโมเนียมไอออน (II) ซัลเฟต
3. สารละลายไอโอดีนในเอทานอล
4. สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต
5. สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (III)
6. น้ำแข็งสุก
7. หลอดทดลองขนาดเล็ก
8. หลอดหยด

วิธีการทดลอง

1. ใส่สารละลายลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 3 หลอด ดังนี้
 - หลอดที่ 1 สารละลายไอออน(III) ไนเตรต ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) 0.05 mol/dm^3 5 หยด
 - หลอดที่ 2 สารละลายแอมโมเนียมไอออน (II) ซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$) 0.05 mol/dm^3 5 หยด
 - หลอดที่ 3 สารละลายไอโอดีนในเอทานอล 5 หยด
2. หยดสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (NH_4SCN) 0.05 mol/dm^3 ลงในสารละลายทั้ง 3 หลอดๆละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
3. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 3 หลอด ใส่สารละลาย 3 ชนิดเหมือนข้อ 1 แต่หยดสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต(III) ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) 0.05 mol/dm^3 หลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
4. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 3 หลอด ใส่สารละลาย 3 ชนิดเหมือนข้อ 1 แต่หยดน้ำแข็งลงไปหลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

ผลการทดลองเป็นดังนี้

สารที่ทดสอบ	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เมื่อเติมสารละลาย		
	NH ₄ SCN	K ₃ [Fe(CN) ₆]	น้ำแป้ง
Fe(NO ₃) ₃	สารละลายเปลี่ยนสีเป็นแดงสด	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเขียว	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
(NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	มีตะกอนสีน้ำเงินเกิดขึ้นและสารละลายตอนบนใสไม่มีสี	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
I ₂	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	มีสารละลายสีน้ำเงินเกิดขึ้น

การทดลอง 7.3 เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน (II) ไอออน (Fe²⁺) และ ไอร์ออน (III) ไอออน (Fe³⁺)

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาภาวะสมดุลของปฏิกิริยาระหว่าง Fe³⁺ และ I⁻ และ Fe²⁺ กับ I₂
2. ทดสอบปฏิกิริยาไปข้างหน้า และปฏิกิริยาย้อนกลับ
3. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลาย Fe(NO₃)₃
2. สารละลาย KI
3. สารละลาย K₃Fe(CN)₆
4. สารละลาย NH₄SCN
5. สารละลาย (NH₄)₂Fe(SO₄)₂
6. สารละลายไอโอดีนในเอทานอล
7. น้ำแป้งสุก
8. หลอดทดลองขนาดเล็ก
9. หลอดหยด
10. จุกปิด

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{2+}) กับไอโอดิดไอออน (I^-)

1. เตรียมหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด ใส่สารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0.05 mol/dm^3 และ KI 0.05 mol/dm^3 หลอดละชนิดๆละ 5 หยด เก็บไว้เทียบสี

2. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมา 4 หลอดแต่ละหลอดใส่สารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0.05 mol/dm^3 หลอดละ 5 หยด จากนั้นใส่สารละลาย KI 0.05 mol/dm^3 ลงไปหลอดละ 10 หยด ปิดจุก เขย่าเบาๆและตั้งไว้จนสังเกตไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบสีของสารทั้ง 4 หลอดกับสีของสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ และ KI ในข้อ 1 บันทึกผล

3. นำสารผสมจากข้อ 2 มาทดลองต่อดังนี้

หลอดที่ 1 เก็บไว้สำหรับเปรียบเทียบสี

หลอดที่ 2 เติมสารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0.5 mol/dm^3 2 หยด

หลอดที่ 3 เติมน้ำแป้งสุก 2 หยด

หลอดที่ 4 เติมสารละลาย NH_4SCN 0.5 mol/dm^3 2 หยด

4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบสีของสารในหลอดที่ 2-4 กับหลอดที่ 1 บันทึกผล

ตอนที่ 2 ปฏิกริยาระหว่างไอร์ออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) กับ ไอโอดีน (I_2)

1. เตรียมสารละลายทดลองขนาดเล็ก 2 หลอดใส่สารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 0.05 mol/dm^3 และสารละลายไอโอดีนในเอทานอล หลอดละชนิดๆละ 5 หยดเก็บไว้เทียบสี

2. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 1 หลอดใส่สารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 0.05 mol/dm^3 ลงไป 10 หยด แล้วเติมสารละลายไอโอดีนในเอทานอล 5 หยดปิดหลอดด้วยจุกยางเขย่าเบาๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบสีของสารที่ได้และสีของสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ และสารละลายไอโอดีนในเอทานอลในข้อ 1 บันทึกผล

3. เติมสารละลาย NH_4SCN 0.5 mol/dm^3 2 หยด ลงในสารละลายข้อ 2 สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

ผลการทดลองเป็นดังนี้ ตอนที่ 1

หลอดที่	สารที่ผสมกัน	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
1	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI}$	สารละลายสีเหลืองเข้ม
2	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	ตะกอนสีน้ำเงิน
3	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{น้ำแป้งสุก}$	สารละลายสีน้ำเงิน
4	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{NH}_4\text{SCN}$	สารละลายสีแดง

7. การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
1. อธิบายความหมายของภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิมิตัว และสมดุลในปฏิกิริยาเคมี	- การซักถาม - การอภิปราย	- ประเด็นการซักถามและอภิปรายในห้องเรียน	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
2. บอกวิธีการทดสอบและสรุปสมบัติของระบบ ณ ภาวะสมดุล	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบงานที่ 2 - ตรวจใบงานที่ 3	- ประเด็นการซักถามและอภิปรายในห้องเรียน - ใบงานที่ 2 - ใบงานที่ 3	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
3. ทำการทดลองรวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และสมดุลในปฏิกิริยาเคมี	- ตรวจใบงานที่ 2 - ตรวจใบงานที่ 3	- ใบงานที่ 2 - ใบงานที่ 3	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
4. เขียนกราฟแสดงความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ภาวะสมดุลได้ และเขียนกราฟอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลาที่ภาวะสมดุลได้	- การซักถาม - การอภิปราย - ตรวจใบงานที่ 2	- ประเด็นการซักถามและอภิปรายในห้องเรียน - ใบงานที่ 2	นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง
5. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมี	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2	- ใบกิจกรรมที่ 2	- (นำคำตอบของนักเรียนทั้งภาพวาดและข้อความที่อธิบายไปวิเคราะห์และนำไปจัดกลุ่มคำตอบต่อไป)

8. ความคิดเห็นของอาจารย์พี่เลี้ยง/ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

ลงชื่ออาจารย์พี่เลี้ยง
(.....)

9. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านผู้เรียน

ความรู้

.....

.....

.....

พฤติกรรม

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้บันทึก
(นายอับดุลเลาะ อุมาร์)
ผู้วิจัย/ ครูผู้สอน

ใบงานที่ 2 การทดลองที่ 7.2

เรื่อง การทดสอบไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+}) ไอร์ออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) และ ไอโอดีน (I_2)

ชื่อ-สกุล.....ชั้นม.5/..... เลขที่.....กลุ่มที่.....

จุดประสงค์

.....

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 5. |
| 2. | 6. |
| 3. | 7. |
| 4. | |

วิธีการทดลอง

- ใส่สารละลายลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 3 หลอด ดังนี้
 - หลอดที่ 1 สารละลายไอร์ออน(III) ไนเตรต ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) 0.05 mol/dm^3 5 หยด
 - หลอดที่ 2 สารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$) 0.05 mol/dm^3 5 หยด
 - หลอดที่ 3 สารละลายไอโอดีนในเอทานอล 5 หยด
- หยดสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (NH_4SCN) 0.05 mol/dm^3 ลงในสารละลาย ทั้ง 3 หลอดๆละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
- นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 3 หลอด ใส่สารละลาย 3 ชนิดเหมือนข้อ 1 แต่หยด สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์ต(III) ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) 0.05 mol/dm^3 หลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
- นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 3 หลอด ใส่สารละลาย 3 ชนิดเหมือนข้อ 1 แต่หยดน้ำ แป้งลงไปหลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

สารที่ทดสอบ	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เมื่อเติมสารละลาย		
	NH_4SCN	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	น้ำแข็ง
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$			
$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$			
I_2			

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

คำถามท้ายการทดลอง

1. สารละลาย NH_4SCN สารละลาย $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ แปะน้ำแข็ง ใช้ทดสอบไอออนหรือสารใด และผลการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เป็นอย่างไร?

.....

.....

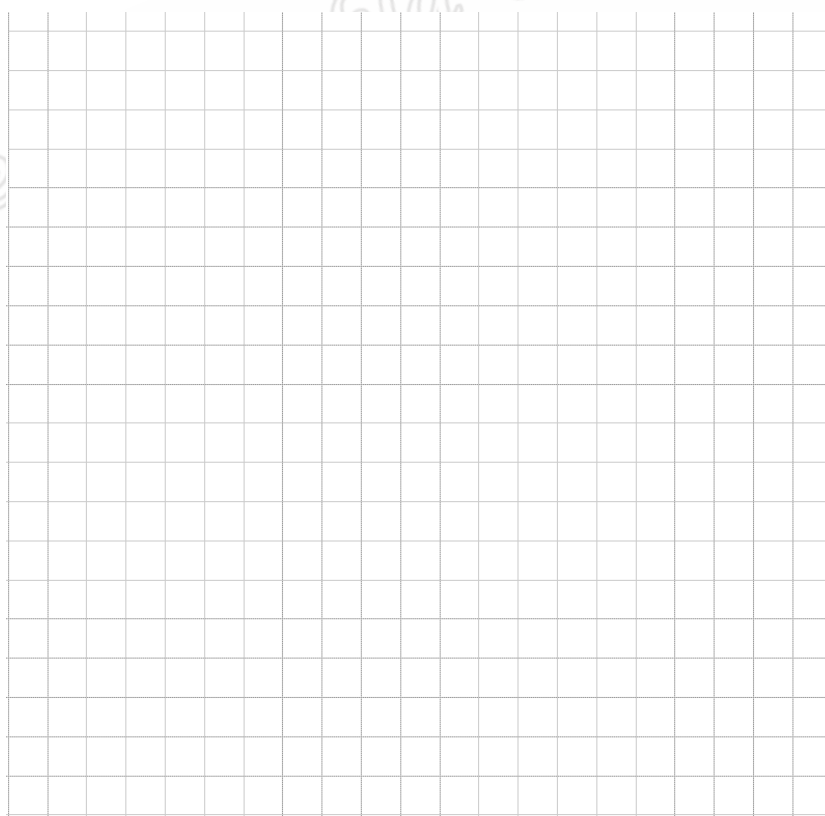
.....

.....

.....

.....

2. เขียนกราฟแสดงความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ภาวะสมดุลได้ และเขียนกราฟอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลาที่ภาวะสมดุลได้



ใบงานที่ 3 การทดลองที่ 7.3

เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน(II)ไอออน (Fe^{2+}) และ ไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+})

ชื่อ-สกุล.....ชั้นม.5/..... เลขที่.....กลุ่มที่.....

จุดประสงค์

.....

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|---------|----------|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

วิธีการทดลอง (การทดลองมี 2 ตอน)

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{2+}) กับไอโอด์ไอออน (I^-)

1. เตรียมหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด ใส่สารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0.05 mol/dm^3 และ KI 0.05 mol/dm^3 หลอดละชนิดๆละ 5 หยด เก็บไว้เทียบสี

2. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมา 4 หลอดแต่ละหลอดใส่สารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0.05 mol/dm^3 หลอดละ 5 หยด จากนั้นใส่สารละลาย KI 0.05 mol/dm^3 ลงไปหลอดละ 10 หยด ปิดจุกเขย่าเบาๆและตั้งไว้จนสังเกตไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบสีของสารทั้ง 4 หลอดกับสีของสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ และ KI ในข้อ 1 บันทึกผล

3. นำสารผสมจากข้อ 2 มาทดลองต่อดังนี้

หลอดที่ 1 เก็บไว้สำหรับเปรียบเทียบสี

หลอดที่ 2 เติมสารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0.5 mol/dm^3 2 หยด

หลอดที่ 3 เติมน้ำแป้งสุก 2 หยด

หลอดที่ 4 เติมสารละลาย NH_4SCN 0.5 mol/dm^3 2 หยด

4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีเปรียบเทียบสีของสารในหลอดที่ 2-4 กับหลอดที่ 1 บันทึกผล

ตอนที่ 2 ปฏิกริยาระหว่างไอออน (II) ไอออน (Fe^{2+}) กับ ไอโอดีน (I_2)

1. เตรียมสารละลายทดลองขนาดเล็ก 2 หลอดใส่สารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 0.05 mol/dm³ และสารละลายไอโอดีนในเอทานอล หลอดละชนิดๆละ 5 หยดเก็บไว้เทียบสี

2. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 1 หลอดใส่สารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 0.05 mol/dm³ ลงไป 10 หยด แล้วเติมสารละลายไอโอดีนในเอทานอล 5 หยดปิดหลอดด้วยจุกยางเขย่าเบาๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบสีของสารที่ได้และสีของสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ และสารละลายไอโอดีนในเอทานอลในข้อ 1 บันทึกผล

3. เติมสารละลาย NH_4SCN 0.5 mol/dm³ 2 หยด ลงในสารละลายข้อ 2 สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 :

หลอดที่	สารที่ผสมกัน	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
1	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI}$	
2	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	
3	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} +$ น้ำแป้งสุก	
4	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{NH}_4\text{SCN}$	

ตอนที่ 2 :

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
หยดสารละลาย I_2 ในเอทานอลลงในสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$	
เติมสารละลาย NH_4SCN ลงในสารละลายผสมของ $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ และ I_2 ในเอทานอล	

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อผสมสารละลายของ Fe^{3+} กับ I^- แล้วนำมาทดสอบสารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร?

.....

.....

.....

2. เมื่อทดสอบด้วยแป้ง เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร?

.....

.....

.....

3. เมื่อผสมสารละลาย Fe^{2+} กับ I_2 ทำปฏิกิริยากันหรือไม่? ทราบได้อย่างไร?

.....

.....

.....

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี

ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจ

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมดุลเคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

วิชา เคมี 3 (ว 32223) เวลา 60 นาที คะแนนเต็ม 30 คะแนน

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็น การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

- ก. ตะปูเกิดสนิม
- ข. น้ำในกระติกน้ำร้อน
- ค. การเผาไหม้ลวดแมกนีเซียม
- ง. การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง

2. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับภาวะสมดุล

- ก. ภาวะที่มีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ
- ข. ภาวะที่สารทุกชนิดมีความเข้มข้นเท่ากันเสมอ
- ค. ภาวะที่ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นคงที่และเท่ากับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเสมอ
- ง. ภาวะที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

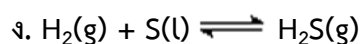
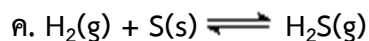
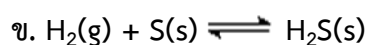
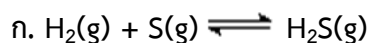
3. ข้อใดไม่จำเป็นสำหรับการเกิดสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

- ก. มีอัตราเร็วของปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับเท่ากัน
- ข. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากัน
- ค. มีความเข้มข้นคงที่
- ง. เป็นระบบปิด

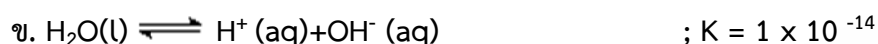
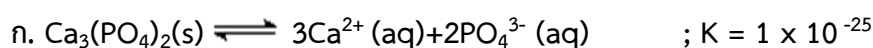
4. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาในภาชนะเปิด ข้อใดสามารถเกิดภาวะสมดุลได้

- ก. $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
- ข. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$
- ค. $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
- ง. $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$

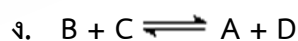
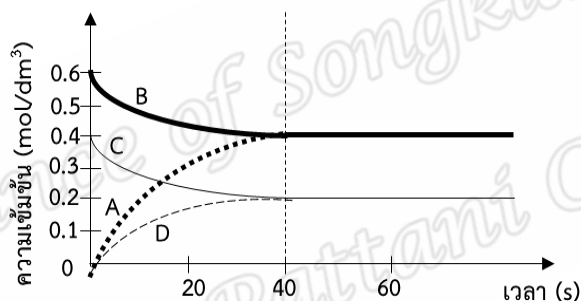
5. สมการในข้อใดมีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ $\frac{1}{[H_2]}$



6. ปฏิกิริยาข้อใดเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดี จนถือว่าสารตั้งต้นหมด



7. จากกราฟ ข้อใดคือสมการเคมีที่ถูกต้องของปฏิกิริยานี้



8. ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรควบคุมการผลิตแก๊สแอมโมเนีย ณ โรงงานแห่งหนึ่ง นักเรียนควรเลือกอุณหภูมิเท่าใดในการผลิตแก๊สดังกล่าว โดยพิจารณาจากค่า K ที่กำหนดให้

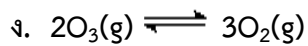
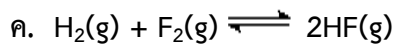
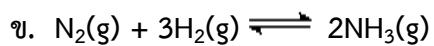
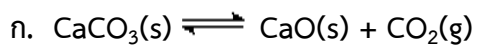
อุณหภูมิ (°C)	ค่าคงที่สมดุล (K)
25	6.0×10^5
200	0.65
300	0.011
400	6.2×10^{-4}

ก. 400 °C

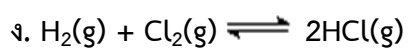
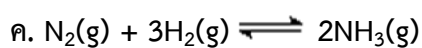
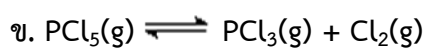
ข. 300 °C

ค. 200 °C

9. ปฏิกิริยาในข้อใดมีค่า K_c เท่ากับ K_p



10. ปฏิกิริยาในข้อใดเมื่อเพิ่มปริมาตรจากเดิมสองเท่าแล้ว ทำให้ปฏิกิริยาเลื่อนไปทางขวามือ



Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจ

แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

แบบวัดฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ผู้ตอบแบบสอบถามฉบับนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) รายวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี

2. ให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อตามความเป็นจริง ข้อมูลที่ได้จากนักเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ต่อไป คำตอบของนักเรียนจะเป็นความลับและไม่ส่งผลกระทบต่อการเรียนประการใด

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจ จำนวน 10 ข้อ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

1. ชื่อ(นาย/นางสาว).....นามสกุล.....
2. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....เลขที่.....

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ระดับความพึงพอใจเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- | | |
|---|---------------------------|
| 5 | หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง พึงพอใจมาก |
| 3 | หมายถึง พึงพอใจปานกลาง |
| 2 | หมายถึง พึงพอใจน้อย |
| 1 | หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด |

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านบทบาทผู้สอน					
1. ผู้สอนมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า					
2. ผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา					
3. ผู้สอนให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์ แปรผลและสรุปผล					
4. ผู้สอนมีการตั้งคำถามให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบได้ด้วยตนเอง					
5. ผู้สอนให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียน					
ด้านบทบาทผู้เรียน					
6. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำทดลอง					
7. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น					
8. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้					
9. ผู้เรียนรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม					
10. ผู้เรียนมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม					

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี

แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ประเมินผลได้	4	5	4	4.33	0.58	มาก
1.3 มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2. สารสำคัญ / สารการเรียนรู้						
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 ใจความถูกต้อง	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 มีความชัดเจน น่าสนใจ	4	5	5	4.33	0.58	มาก
2.4 เวลาเรียนเหมาะสมกับเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้						
3.1 เนื้อหาเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 ระยะเวลามีความเหมาะสม	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.5 เน้นการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3.6 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ใบงานการทดลอง						
4.1 สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มาก
5. ใบกิจกรรมแบบจำลองทางความคิด						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	4.33	0.58	มาก

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	มาก
6.4 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	มาก
7. การวัดและประเมินผลเรียนรู้						
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
7.2 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
7.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
7.4 มีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน	3	4	4	3.67	0.58	มาก
รวม				4.49	0.40	มาก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมี

ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					IOC	ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					IOC
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
1	+1	+1	+1	+1	-1	1	16	+1	+1	+1	+1	+1	1
2	+1	+1	+1	+1	+1	1	17	+1	+1	+1	+1	+1	1
3	+1	+1	+1	+1	+1	1	18	+1	+1	+1	+1	+1	1
4	+1	+1	+1	+1	-1	0.6	19	+1	+1	+1	+1	+1	1
5	0	+1	+1	+1	0	0.6	20	+1	0	+1	+1	0	0.6
6	+1	+1	+1	+1	0	0.8	21	+1	+1	+1	+1	+1	1
7	+1	+1	+1	+1	+1	1	22	+1	+1	+1	+1	0	0.8
8	+1	+1	+1	+1	+1	1	23	+1	+1	+1	+1	+1	1
9	+1	+1	+1	+1	+1	1	24	+1	+1	+1	+1	+1	1
10	+1	+1	+1	+1	0	0.8	25	+1	+1	+1	+1	+1	1
11	+1	+1	+1	+1	+1	1	26	+1	+1	+1	+1	+1	1
12	+1	+1	+1	+1	+1	1	27	+1	+1	+1	+1	+1	1
13	+1	+1	+1	+1	+1	1	28	+1	+1	+1	+1	+1	1
14	+1	+1	+1	+1	+1	1	29	+1	+1	+1	+1	+1	1
15	+1	+1	+1	+1	0	0.8	30	+1	+1	+1	+1	+1	1

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
1	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
7	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
8	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
9	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
10	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
11	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
12	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
13	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
14	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
15	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
16	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
17	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
18	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
19	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
20	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม			5.00	0.00	มากที่สุด

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	0.77	0.38	16	0.26	0.21
2	0.39	0.31	17	0.36	0.67
3	0.61	0.27	18	0.23	0.33
4	0.58	0.76	19	0.39	0.42
5	0.61	0.41	20	0.67	0.51
6	0.58	0.63	21	0.32	0.43
7	0.45	0.31	22	0.36	0.67
8	0.71	0.39	23	0.23	0.32
9	0.36	0.53	24	0.39	0.42
10	0.42	0.31	25	0.23	0.56
11	0.23	0.33	26	0.36	0.43
12	0.26	0.22	27	0.32	0.42
13	0.39	0.42	28	0.26	0.56
14	0.67	0.51	29	0.48	0.53
15	0.32	0.43	30	0.55	0.76

**มีความเชื่อมั่น 0.76

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก จ

ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพประกอบ 20 ชั้นที่ 1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement)



Prince of Songkhro
Stani Campus



ภาพประกอบ 21 ชั้นที่ 2 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)



Prince of Songkla University
Hanoi Campus



ภาพประกอบ 22 ชั้นที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)



ภาพประกอบ 23 ชั้นที่ 4 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)



Prince of Songkhro
+ ธานี Campus



ภาพประกอบ 24 ชั้นประเมินผล (Evaluation)



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายอัปดุลเลาะ อุมาร์	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5820120653	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีประยุกต์)	มหาวิทยาลัยฟาฏอนี	2555

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในการศึกษา)

- ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระดับปริญญาโท โดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2560 คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ข้อมูลการเผยแพร่ผลงาน

อัปดุลเลาะ อุมาร์, ณัฐินี โมพันธ์, อาฟีฟี ลาเต๊ะ และอุสมาน สารี. 2560. “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล จังหวัดปัตตานี” โครงการประชุมวิชาการระดับชาติ “ศึกษาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 4 (Educational Research Conference 4th) “นวัตกรรมการศึกษาเพื่อ Thailand 4.0” วันที่ 25-27 กรกฎาคม 2560 ณ โรงแรมहरรรษา เจบี หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา