



การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

4

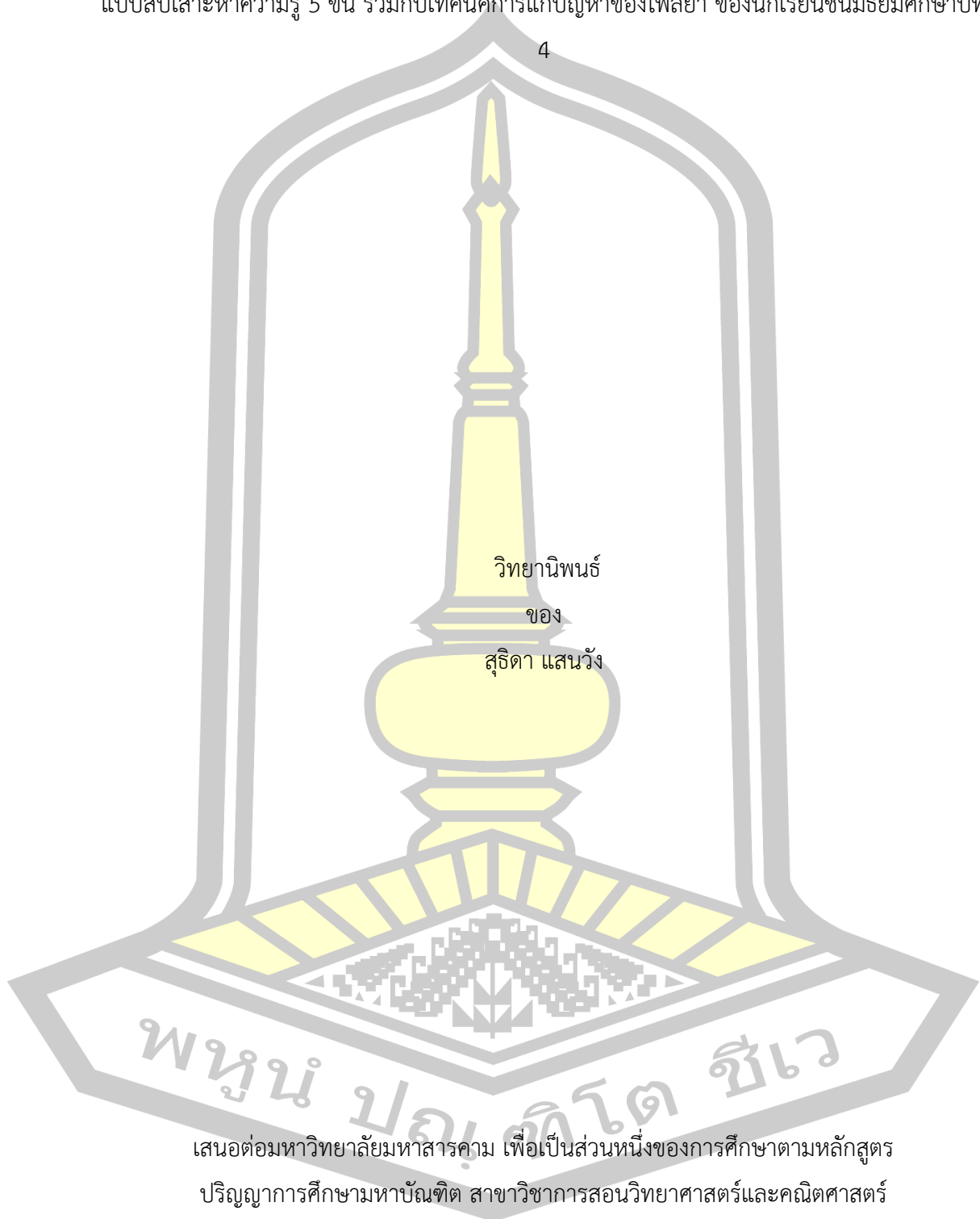
วิทยานิพนธ์
ของ
สุธิดา แสนวัง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

4



วิทยานิพนธ์
ของ
สุธิดา แสนวัง

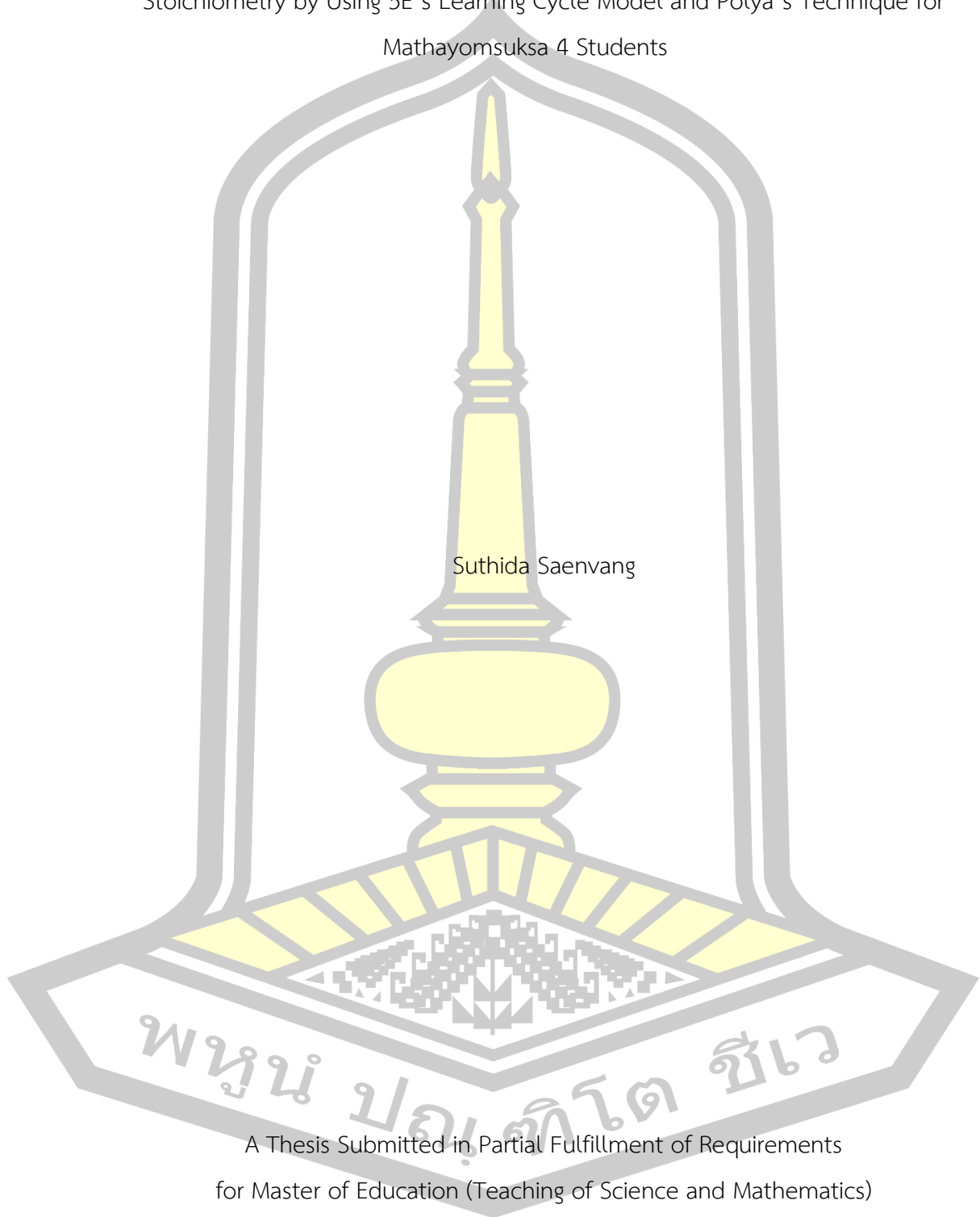
พหุบัณฑิต ชีวะ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

A Development of the Word Problem-Solving Ability in Chemistry on the Topic of
Stoichiometry by Using 5E's Learning Cycle Model and Polya's Technique for
Mathayomsuksa 4 Students



Suthida Saenvang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

July 2019

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวสุธิดา แสนวัง แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(อ. ดร. สมทรง สิทธิ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อ. ดร. มังกร ศรีสะอาด)

กรรมการ

(อ. ดร. กัญยารัตน์ สอนสุภาพ)

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. ปิยะธิดา ปัญญา)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริ)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

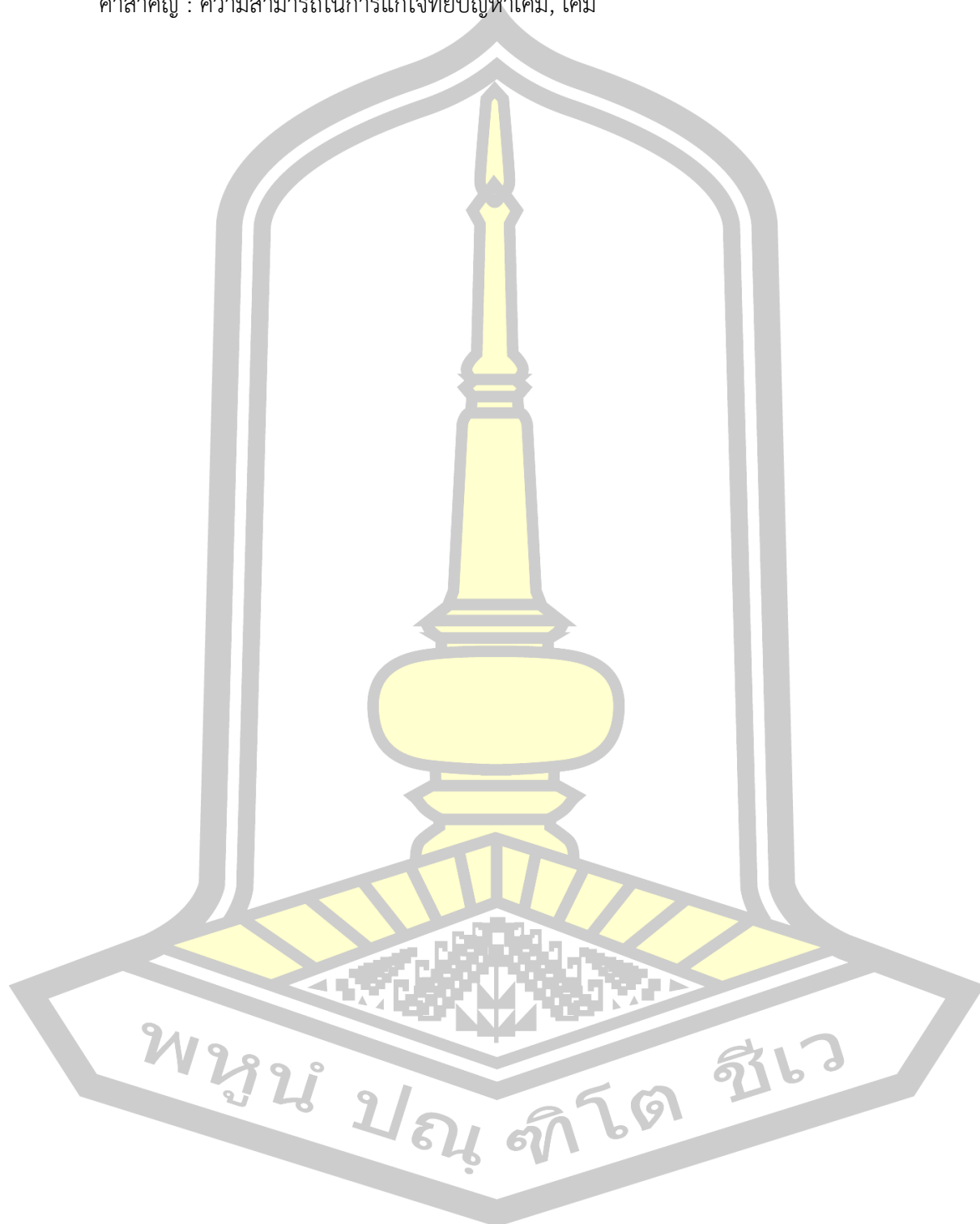
ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4		
ผู้วิจัย	สุธิตา แสนว้าง		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ ดร. มังกร ศรีสะอาด		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งทำทั้งหมด 2 วงรอบปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 38 คน โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา จำนวน 12 แผน 2) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีเป็นแบบอัตนัย 8 ข้อ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน และ 4) แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการทดสอบค่าที (One Sample T-test)

ผลการวิจัยพบว่าจากนักเรียนจำนวนทั้งหมด 38 คน นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นดังนี้ ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 26 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 112.76 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มไม่แตกต่างกัน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 37 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 130.66 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสรุปกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี, เคมี



TITLE	A Development of the Word Problem-Solving Ability in Chemistry on the Topic of Stoichiometry by Using 5E's Learning Cycle Model and Polya's Technique for Mathayomsuksa 4 Students		
AUTHOR	Suthida Saenvang		
ADVISORS	Assistant Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D. Mangkorn Srisa-ard , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2019

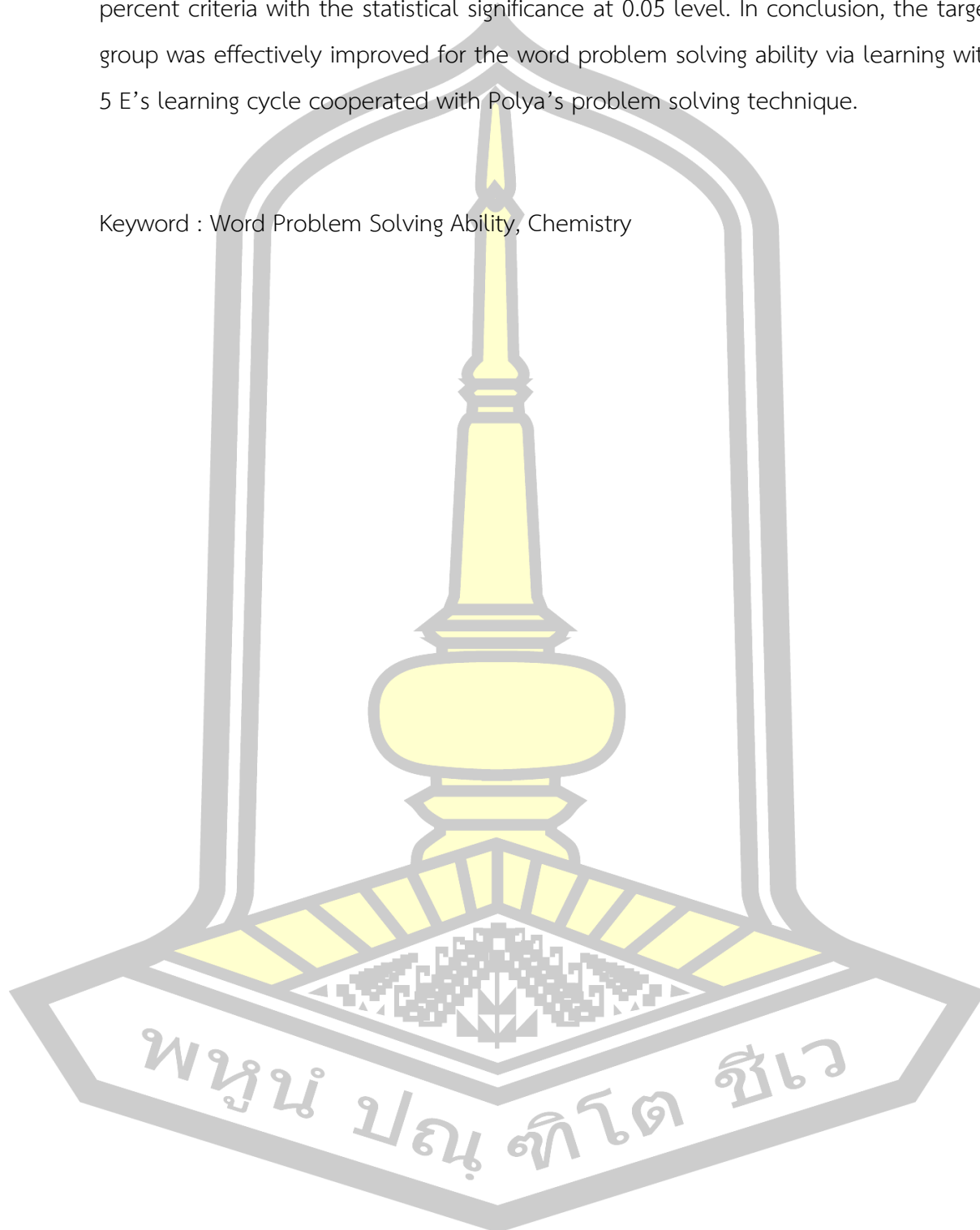
ABSTRACT

This study was a classroom action research which consists of 2 spirals. The aim of this research was to improve the word problem solving ability of mathayomsuksa 4/1 students to pass the 70 percent criteria by using 5E's learning cycle cooperated with Polya's problem solving technique. The target group was 38 students in mathayomsuksa 4/1 from Chiangyuenpittayakom School in the second semester of the academic year 2018. The research instruments included 1) 12 lesson plans of 5E's learning cycle cooperated with Polya's problem solving technique, 2) the 8 items subjective of problem solving test, 3) the interview, and 4) student's journal. The percentage, mean, and one sample t-test were used for analyzing data.

The results showed that the word problem solving ability of students had passed the criterion of 70 percent of the total score. The word problem solving ability of students were increasing. The amount of students who had passed the 70 percent criteria before using 5E's learning cycle cooperated with Polya's problem solving technique was 10 students. After the learning process, in the first spiral, 26 students had passed the 70 percent criteria with an average score of 112.76 which higher than the 70 percent criteria. Nevertheless in statistics, the average score and the 70 percent criteria were not different. The second spiral, 37 students had passed

the 70 percent criteria with an average score of 130.66 which higher than the 70 percent criteria with the statistical significance at 0.05 level. In conclusion, the target group was effectively improved for the word problem solving ability via learning with 5 E's learning cycle cooperated with Polya's problem solving technique.

Keyword : Word Problem Solving Ability, Chemistry



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร และอาจารย์ ดร.มังกร ศรีสะอาด อาจารย์ที่ปรึกษา ปรชธาน กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สมทรง สิทธิ กรรมการสอบ อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา

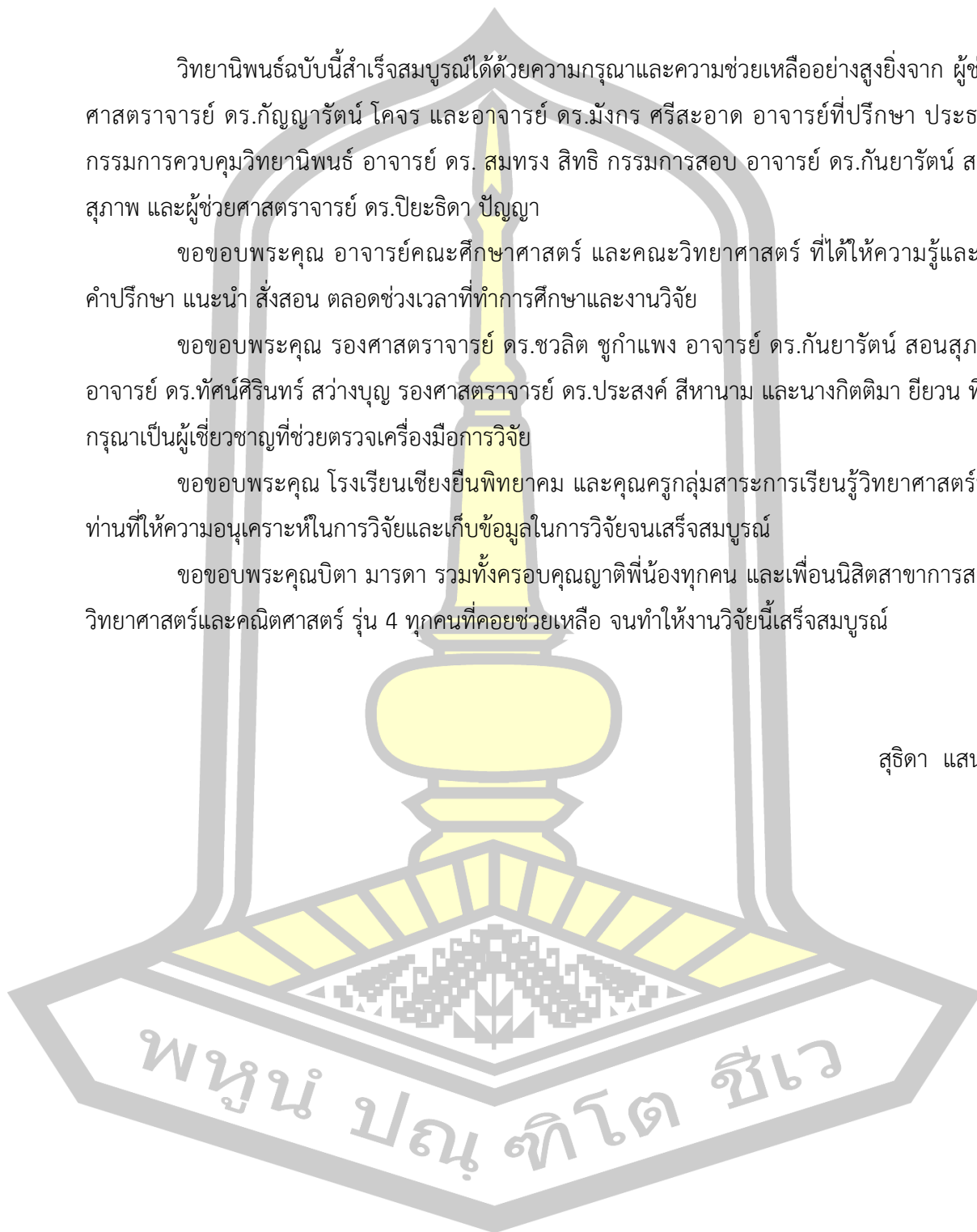
ขอขอบพระคุณ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ ที่ได้ให้ความรู้และให้คำปรึกษา แนะนำ สั่งสอน ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษาและงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชูกำแพง อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ สีหนาม และนางกิตติมา ยีวน ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยตรวจเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม และคุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิจัยและเก็บข้อมูลในการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา รวมทั้งครอบครัวญาติพี่น้องทุกคน และเพื่อนนิสิตสาขาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รุ่น 4 ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ จนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

สุธิดา แสนวัง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E).....	8
เทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา.....	22
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา.....	28
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
งานวิจัยในประเทศ.....	43
งานวิจัยต่างประเทศ.....	46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	49

กลุ่มเป้าหมาย.....	49
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	52
การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	52
วิธีดำเนินการวิจัย	70
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	77
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	78
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	97
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	97
สรุปผล	97
อภิปรายผล.....	98
ข้อเสนอแนะ.....	102
บรรณานุกรม.....	103
ภาคผนวก.....	109
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	110
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา.....	112
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	136
ภาคผนวก ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ.....	154
ประวัติผู้เขียน.....	160

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	14
ตาราง 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	16
ตาราง 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	17
ตาราง 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es).....	19
ตาราง 5 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya	39
ตาราง 6 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาพีสิกส์ตามแนวคิดของ Polya ...	40
ตาราง 7 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาพีสิกส์ตามแนวคิดของ Polya ...	41
ตาราง 8 แสดงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1.....	50
ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สารสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา	53
ตาราง 10 การกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา	64
ตาราง 11 การกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา	65
ตาราง 12 ประเด็นในการสัมภาษณ์ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน.....	68
ตาราง 13 การจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ	72
ตาราง 14 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนโดยใช้สถิติทดสอบที (One Sample T-test).....	78
ตาราง 15 คะแนนเฉลี่ยความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียน จำนวน 38 คน.....	79
ตาราง 16 คะแนนแบบทดสอบความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีทำวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	83
ตาราง 17 ปัญหาและแนวทางแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1	90

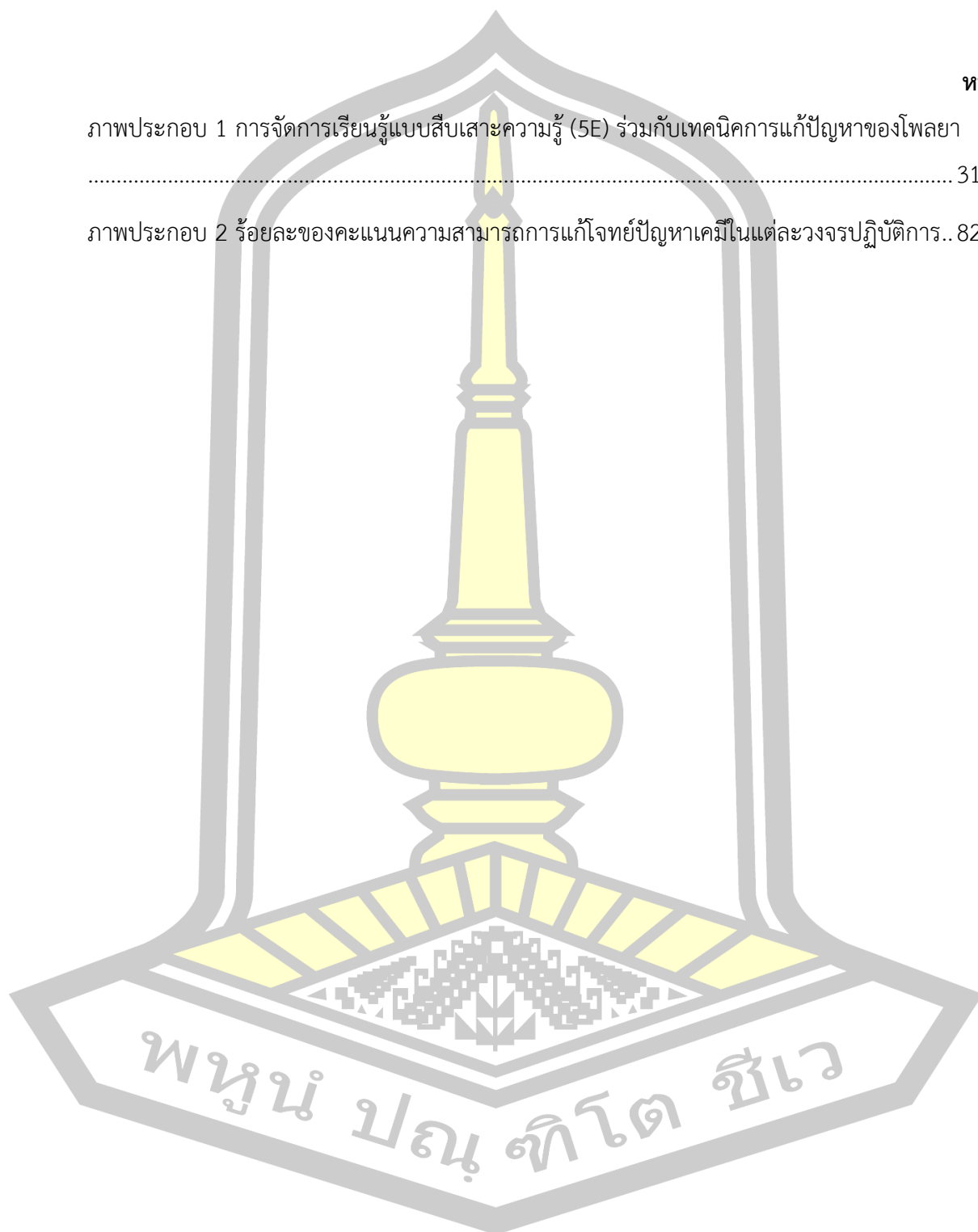
ตาราง 18 คะแนนแบบทดสอบความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีทำยวงจรปฏิบัติกาที่ 2.....	92
ตาราง 19 ปัญหาและแนวทางแก้ไขจากวงจรปฏิบัติกาที่ 2	96
ตาราง 20 ผลประเมินแผนการจัดการเรียนรูแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการ แก้ปัญหาของโพลยาโดยผู้เชี่ยวชาญ	155
ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหา ทางเคมีในวงจรปฏิบัติกาที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	157
ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหา ทางเคมีในวงจรปฏิบัติกาที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	158
ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบการวัดความสามารถ การแก้โจทย์เคมี	159



สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา	31
.....
ภาพประกอบ 2 ร้อยละของคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีในแต่ละวงจรปฏิบัติการ..	82



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญมากในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยวิชาเคมีเป็นส่วนหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นเรื่องที่ศึกษาเกี่ยวกับ สมบัติ องค์ประกอบ และโครงสร้างของสสาร ที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันในแต่ละเรื่อง การอธิบายและหาคำตอบจะต้องอาศัยทั้งส่วนทฤษฎี ส่วนคำนวณ และส่วนปฏิบัติผสมกัน ส่วนการคำนวณของวิชาเคมีนั้นจะเน้นเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาเคมี ซึ่งผู้แก้จะต้องมีความรู้ส่วนทฤษฎีและส่วนคำนวณประกอบในการแก้โจทย์ปัญหา โดยมีรูปแบบกระบวนการแก้ปัญหาเช่นเดียวกันกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Smith, 1991)

โจทย์ปัญหาประกอบด้วยข้อความที่เป็นภาษาหนังสือหรือโจทย์ที่เป็นคำพูดที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ทันทีทันใด ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณหรือตัวเลข โดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน ต้องมีการวิเคราะห์ความหมายของโจทย์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบได้ (หน่วยศึกษานิเทศก์, 2545) (วิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นเคมีคำนวณ การแก้โจทย์ปัญหาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้และการทดสอบส่วนใหญ่เน้นไปที่การหาคำตอบเป็นตัวเลข ถ้านักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ได้จะส่งผลกระทบต่อการศึกษาในเนื้อหาต่อ ๆ ไปในวิชาเคมี (วรัทยา มณีรัตน์ และปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต, 2560) จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนเคมีในโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ยึดครูบรรยายเป็นหลัก ทำให้นักเรียนไม่ได้สร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ไม่มีการคิดแบบเป็นขั้นตอนและไม่มีอิสระในการคิดแก้โจทย์ปัญหาในด้านเคมีคำนวณ นักเรียนจึงเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน แต่การจัดการเรียนการสอนที่ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรไม่ได้เกิดจากครูผู้สอนเพียงอย่างเดียว สามารถเกิดจากหลายสาเหตุส่วนหนึ่งคือตัวนักเรียน เช่น นักเรียนขาดความรู้พื้นฐาน ไม่ทบทวนบทเรียน และจากการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ยึดตามหลักของโพลยา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล เรื่อง หน่วยการวัด ในห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 พบว่าจากนักเรียนทั้งหมด 38 คน นักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่

ร้อยละ 70 มีทั้งหมด 10 คน และต่ำกว่าร้อยละ 70 จำนวน 28 คน โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 29.82 คะแนน จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน ทำให้ทราบว่า การแก้โจทย์ปัญหาเคมี คำนวณของนักเรียนส่วนใหญ่จะพบปัญหาหลักๆ คือ นักเรียนไม่เข้าใจว่า โจทย์ปัญหาเคมี คำนวณ ต้องการอะไร และข้อมูลที่ให้มามีอะไรบ้างที่เป็นประโยชน์ในการหาคำตอบ มีปัญหาในการคำนวณ สับสนในการตั้งค่า โดยเฉพาะการเทียบบัญญัติไตรยางค์และหน่วยที่ใช้ในการคำนวณ เพราะหน่วยที่ใช้ในการคำนวณเป็นหน่วยที่ไม่คุ้นเคย (Dahsah, 2007)

จากสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบวิธีการสอนแบบต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาคำนวณความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process) เป็นรูปแบบการสอนที่แก้ปัญหาคำนวณของครูอีกรูปแบบหนึ่งที่เน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีต่าง ๆ ด้วยตนเอง มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ถึงวิธีการที่จะใช้สติปัญญาของตนเองในการแก้ปัญหาคำนวณ โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดแก้ปัญหายังมีระบบระเบียบ (ทศนา แคมมณี, 2552) นักเรียนมีการพัฒนาทางด้านความคิด ส่งผลให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา เกิดความคงทนในการเรียนรู้ และทำให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ ให้คำแนะนำ และจัดสถานการณ์การเรียนรู้ให้กระตุ้นความสนใจของนักเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) เมื่อนักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบตามขั้นตอน สามารถทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เกิดเป็นความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดเป็นทักษะกระบวนการคิดที่จะประยุกต์ความรู้นำไปใช้ในการแก้ปัญหาคำนวณต่าง ๆ (ชาตรี ฝายคำตา, 2551) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ช่วยให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากประสบการณ์โดยตรงในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาคำนวณได้ด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ยังขาดขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน (วรัทยา มณีรัตน์ และปิรรัตน์ ตรีบัณฑิต, 2560) ที่ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

จากการผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเทคนิคการแก้ปัญหาคำนวณโพลยา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยอาศัยการค้นพบวิธีการแก้ปัญหาคำนวณที่หลากหลาย และการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาคำนวณที่ง่าย กระชับ และมีความถูกต้องตามความสามารถของแต่ละบุคคล มากกว่าการฝึกทำแบบฝึกหัด โดยเน้นไปที่กระบวนการค้นพบที่มีลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา และมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาคำนวณที่ชัดเจน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2557) ถ้ามีกระบวนการสอนที่เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและครูมีทักษะในการสอนจะให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี (Polya, 2004) ได้เสนอ

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีขั้นตอนอย่างชัดเจนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ซึ่งเน้นการค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาง่าย กระชับ และมีความถูกต้องตามความสามารถของแต่ละบุคคล มากกว่าการฝึกทำแบบฝึกหัด ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและยังเกิดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียน จากหลักการและเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เข้ามาร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม เพื่อทำการค้นคว้าข้อมูล นำมาวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล สามารถการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ที่เน้นกระบวนการค้นพบที่มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีแนวคิดเริ่มจากการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยเทคนิคของโพลยาพร้อมในขั้นที่ 2 คือ ขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมีความเชื่อมั่นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เข้ามาร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีให้ดีขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางต่อครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี
2. เป็นแนวทางต่อครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหามาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เป็นเนื้อหาของวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

2. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 38 คน โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิค การแก้ปัญหาของโพลยา

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

4. ระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม เพื่อทำการค้นคว้าข้อมูล นำมา วิเคราะห์ห้อย่างมีเหตุผล จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้มี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ หมายถึง ครูผู้สอนกำหนดเหตุการณ์ สถานการณ์หรือกิจกรรม ที่น่าสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน โดยใช้คำถามเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความสนใจอยาก เรียนรู้ในหัวข้อที่สอน เกิดความสงสัยเกิดขึ้น

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจในปัญหาหรือ เรื่องที่จะศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้จากใบกิจกรรมกลุ่ม แล้ววางแผนดำเนินการสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล โดยอาศัยการตอบคำถามจากใบกิจกรรมกลุ่มเป็นแนวทางในการเก็บรวบรวม

ข้อมูล ครูผู้สอนมีหน้าที่ส่งเสริม กระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี

1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากใบกิจกรรมกลุ่มแล้วมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ลงในกระดาษที่ครูกำหนดให้ และส่งตัวแทนนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน โดยครูผู้สอนจัดพื้นที่ว่างเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดเห็นตนเองและกระตุ้นด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปความรู้ให้ถูกต้อง

1.4 ชั้นขยายความรู้ หมายถึง ครูผู้สอนนำสถานการณ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกับเรื่องที่สอนให้นักเรียนมาแก้ปัญหา เพื่อกระตุ้นนักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ

1.5 ชั้นประเมินผล หมายถึง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถทำให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินความรู้ใหม่ของตนเอง เช่น การทดสอบ เป็นต้น

2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา หมายถึง การสอนให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ที่เน้นกระบวนการค้นพบที่มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยมี 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการตามแผน และ 4) ขั้นตรวจสอบผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง นักเรียนต้องเขียนได้ว่า อะไรคือสิ่งที่โจทย์ถามหา โจทย์กำหนดอะไรมาให้

2.2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง นักเรียนเขียนระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหา แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในโจทย์ปัญหา เพื่อไปถึงคำตอบ

2.3 ขั้นดำเนินการตามแผน หมายถึง นักเรียนลงมือทำตามวิธีที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 โดยนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการ ทำการคำนวณหาค่าจากสมการและสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ

2.4 ขั้นตรวจสอบผล หมายถึง นักเรียนเขียนแสดงว่าคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา และมีความถูกต้องหรือไม่

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม เพื่อทำการค้นคว้าข้อมูล นำมาวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล สามารถแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบที่เน้นกระบวนการค้นพบที่มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา มี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป

4) ขยายความรู้ และ 5) ประเมินผล โดยเทคนิคของโพลยาร่วมในชั้นที่ 2 คือ ชั้นสำรวจ และค้นหา และชั้นที่ 4 ขยายความรู้ ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ หมายถึง ครูผู้สอนกำหนดเหตุการณ์ สถานการณ์หรือกิจกรรมที่น่าสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน โดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากเรียนรู้ในหัวข้อที่สอน เกิดความสงสัยเกิดขึ้น

3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจในปัญหาหรือเรื่องที่จะศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้จากใบกิจกรรมกลุ่ม ว่าโจทย์ต้องการถามหาอะไร อะไรที่โจทย์กำหนดให้ และค้นหาคำสำคัญจากโจทย์ปัญหา แล้ววางแผนแก้ปัญหาทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ แสดงสมการที่เกี่ยวข้อง กำหนดวิธีการและขั้นตอนในการทำโจทย์ ทำตามวิธีที่กำหนดของขั้นตอนในการทำโจทย์ โดยแทนค่าข้อมูลลงในสมการที่กำหนด แล้วทำการคำนวณหาค่าจากสมการ และสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ สุดท้ายตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ส่งเสริม กระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี

3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากใบกิจกรรมกลุ่มแล้วมาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ลงในกระดาษที่ครูกำหนดให้ และส่งตัวแทนนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน โดยครูผู้สอนจัดพื้นที่ว่างเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดเห็น โดยการนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็ได้ที่สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ จากนั้นครูผู้สอนกระตุ้นด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปความรู้ได้ถูกต้องตามสาระสำคัญการเรียนรู้

3.4 ขยายความรู้ หมายถึง ครูผู้สอนนำสถานการณ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกับเรื่องที่สอนให้นักเรียนมาแก้ปัญหา เพื่อกระตุ้นนักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ โดยนักเรียนต้องมีการทำความเข้าใจปัญหา มีการวางแผนแก้ปัญหา แล้วทำการดำเนินการตามแผน จากนั้นทำการตรวจสอบผลที่ได้

3.5 ประเมินผล หมายถึง ครูผู้สอนมีการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถทำให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินความรู้ใหม่ของตัวเองได้ เช่น การทดสอบ เป็นต้น

4. โจทย์ปัญหาเคมี หมายถึง สถานการณ์ที่เป็นข้อความและตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กันในรายวิชาเคมี 2 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ต้องใช้ความรู้ การวางแผนขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งต้องตัดสินใจเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาควบคู่กัน มีการแปลความหมายและวิเคราะห์ก่อนถึงจะสามารถหาคำตอบ

5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี หมายถึง ความสามารถในการค้นพบวิธีหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีต่าง ๆ โดยอาศัยการพิจารณาว่าอะไรคือปัญหา อะไรคือข้อมูลที่ต้องการ และข้อมูลอะไรที่เป็นประโยชน์ได้ สามารถวางแผนเพื่อแก้โจทย์ปัญหาและดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ ซึ่งสามารถทำการตรวจสอบวิธีที่ได้มาซึ่งคำตอบ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยมีพฤติกรรมการคิดเป็นลำดับ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญห 3) ขั้นดำเนินการตามแผน และ 4) ขั้นตรวจสอบผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง นักเรียนต้องสามารถเขียนได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ อะไรคือสิ่งที่โจทย์ถามหา

5.2 ขั้นวางแผนแก้ปัญห หมายถึง นักเรียนเขียนระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหา แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในโจทย์ปัญหา เพื่อไปถึงคำตอบของการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

5.3 ขั้นดำเนินการตามแผน หมายถึง นักเรียนลงมือทำตามวิธีที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 โดยนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการ ทำการคำนวณหาค่าจากสมการและสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ

5.4 ขั้นตรวจสอบ หมายถึง นักเรียนเขียนแสดงว่าคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา โดยสำรวจความถูกต้องในกระบวนการแก้ปัญห สำรวจความถูกต้องและสมเหตุผลของคำตอบ ซึ่งสามารถประเมินได้จากคะแนนในการตอบคำถามของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบอัตโนมัติตามแนวคิดของโพลยา

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ชั้น ร่วมกับเทคนิค การแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในรู้แบบการวิจัย เชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับข้อต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น (5E)
2. เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา
3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา
4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

เสริมศรี ลักษณะศิริ (2540) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ครูผู้สอนได้สร้างสถานการณ์ในการเรียน เพื่อเกิดการกระตุ้น ส่งเสริม ให้เกิดคำถามหรือมองเห็นปัญหาที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดความสงสัยทำให้เกิดการหาคำตอบ ด้วยตนเอง โดยนักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อมาตอบคำถามหรือปัญหาจาก สถานการณ์ที่ครูผู้สอนได้จัดขึ้น

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ครูผู้สอนได้จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนลงมือ ค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ อาศัยหลักการของเหตุผลเพื่อนำมาวิเคราะห์ ความรู้ที่ได้มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริงของตนเอง ทำให้นักเรียนมีความสนใจ เอาใจใส่ในการเรียนรู้ โดยผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ที่ได้มานั้นมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับ

ผู้อื่นต่อไป ทำให้เปลี่ยนจากเป็นผู้รับความรู้เพียงอย่างเดียวเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นคนเตรียมกิจกรรมและสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำ ซึ่งนักเรียนต้องสามารถสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ทำให้ความรู้ที่ได้มีความคงทนกว่าที่นักเรียนรับฟังจากครูเพียงอย่างเดียว

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่าเป็นการสอนที่ครูผู้สอนใช้คำถามเพื่อทำให้นักเรียนเกิดการคิด สงสัย เพื่อให้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง เน้นให้สามารถแก้ปัญหาจากคำถามของครูผู้สอน โดยผ่านการคิดอย่างมีเหตุผล การค้นหาข้อมูล สรุปแนวคิดต่าง ๆ เป็นความรู้ได้ด้วยตนเอง และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่าเป็นกระบวนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์และค้นเคຍในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

สมบัติ กาจนาร์ภพงค์ (2549) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่าเป็นกระบวนการสอนที่ให้ผู้เรียนหาความรู้ โดยเน้นที่ครูใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หาความรู้ได้ดียิ่งขึ้น

ทิสนา แคมมณี (2552) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่าเป็นกระบวนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยอาจจะเกิดจากการยกตัวอย่างข้อมูลความคิด สถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องเนื้อหาในการสอนมาให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ จนสามารถสรุปออกมาเป็นหลักการได้เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สรุปการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ คือ การจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม เพื่อทำการค้นคว้าข้อมูลนำมาวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ประเภทของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

Carin and Sund (1980) ได้แบ่งประเภทการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ที่ให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง/ปฏิบัติกิจกรรม (Student Exercise, Guided Discovery) เป็นการจัดการเรียนการสอน

ที่นักเรียนลงมือทำด้วยตนเองหรือได้ประสบการณ์ตรงโดยนักเรียนมีหน้าที่ทำการทดลองหรือทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดกิจกรรมหรือการทดลอง วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์หรือเครื่องมือไว้เรียบร้อยในการทำกิจกรรมนั้นๆ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่ครูเป็นผู้วางแผน (Teacher Planned Investigation, Less Guided Discovery) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยปัญหาที่ได้มาจากครูเป็นผู้กำหนดปัญหา ซึ่งครูจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยการ ความสะดวก อาจเรียกรูปแบบนี้ว่าวิธีสอนแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory)

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง (Student Planned Investigation, Free Discovery) เป็นวิธีที่นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาหาความรู้ โดยครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาด้วยตัวเอง ซึ่งนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูลดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง

สุคนธ์ สีนธพานนท์ และคณะ (2545) ได้แบ่งประเภทการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (Passive Inquiry) วิธีนี้เหมาะสำหรับการเริ่มสอนแบบสืบเสาะเพราะครูเป็นผู้ตั้งคำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนสนใจและพยายามไปสู่คำตอบ โดยครูเป็นคนตั้งคำถามคิดเป็นร้อยละ 90 ซึ่งส่วนใหญ่ นักเรียนจะเป็นผู้ตอบคำถามครู

2. ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (Combined Inquiry) วิธีนี้เหมาะสำหรับการสอนที่นักเรียนได้ผ่านขั้นของครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ (Passive Inquiry) มาแล้ว ครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นคิดเป็นร้อยละ 50 และนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามคิดเป็นร้อยละ 50 โดยครูต้องไม่บอกคำตอบในทันที แต่เป็นการใช้คำถามกระตุ้นในการคิดเพื่อเชื่อมโยงไปให้ถึงคำตอบ

3. นักเรียนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (Active Inquiry) วิธีนี้นักเรียนจะเป็นผู้ตั้งคำถามและตอบคำถามด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นวิธีนี้นักเรียนจะมีอิสระทางความคิด สามารถกำหนดวิธีการหาคำตอบ การรวบรวมข้อมูล และสรุปคำตอบได้ด้วยวิธีการที่หลากหลายซึ่งเป็นจุดประสงค์สูงสุดในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

สรุปประเภทการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น แบ่งได้ทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1. ครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการกำหนดกิจกรรม การกำหนดปัญหา การตั้งคำถาม การทดลอง เพื่อให้ให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองหรือทำการทดลองตามแนวทางที่กำหนดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

2. ครูผู้สอนและนักเรียนมีบทบาทเท่ากัน คือ ครูและนักเรียนตั้งคำถามคิดเป็นร้อยละ 50 โดยครูจะไม่มีการตอบคำถามนักเรียนทันที แต่จะคอยอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงให้ได้คำตอบ

3. นักเรียนมีบทบาทมากที่สุด คือ นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูลดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูจะเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาเพื่อจะศึกษา

3. รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

สาโรช โศภีรักษ์ (2546) ได้เสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามขั้นตอน ต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ ครูผู้สอนใช้สถานการณ์หรือสื่ออย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น สไลด์ ประกอบคำบรรยาย วิดีทัศน์ของจริง รูปภาพ หรือเรื่องเล่าเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การทดลอง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็น ทำให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานของปัญหาได้

2. ขั้นสืบสวนสอบสวน นักเรียนกำหนดแนวทางด้านค้นคว้าหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งบางทีอาจเป็นการศึกษานอกสถานที่หรือการสัมภาษณ์

3. ขั้นทดสอบสมมติฐาน เมื่อนักเรียนรวบรวมข้อมูลได้แล้ว ต้องนำข้อมูลมาอภิปรายเพื่อนำวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงของข้อมูลกับสมมติฐานที่กำหนดได้แต่ต้น ซึ่งจะนำไปสู่การลงข้อสรุปตามสมมติฐานของตนเอง

4. ขั้นสรุปคำตอบ โดยนักเรียนและครูผู้สอนช่วยกันลงสรุปคำตอบตามปัญหาที่เกิดขึ้น

5. ขั้นนำไปใช้ นักเรียนและครูผู้สอนวิเคราะห์ข้อสอบที่เกิดขึ้นแล้วช่วยกันอภิปรายว่าจะนำไปใช้ในสถานการณ์ที่ตั้งไว้อย่างไร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ได้เสนอรูปแบบของการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะมี 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นสร้างความสนใจ ครูผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่กระตุ้น ชั่วๆ ให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ใคร่รู้อยากรู้อยากเห็น แล้วเกิดปัญหาหรือประเด็นที่จะศึกษา ซึ่งผู้เรียนจะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไปด้วยตัวของผู้เรียนเอง

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา** ครูผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียน มีประสบการณ์ร่วมกันเป็นกลุ่มในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยการวางแผนกำหนด การสำรวจ ตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติ ในการสำรวจตรวจสอบปัญหาหรือประเด็นที่ผู้เรียนสนใจ ครูมีหน้าที่ ส่งเสริม กระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบเป็นไปด้วยดี
 3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้สร้าง องค์ความรู้ใหม่ร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ พร้อมทั้ง วิเคราะห์ อธิบาย และเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้หรือโต้แย้งในองค์ความรู้ ใหม่ที่ได้ มีการอ้างอิงหลักฐาน ทฤษฎี หลักการ กฎเกณฑ์ หรือองค์ความรู้เดิม แล้วลงข้อสรุป อย่างมีเหตุผล
 4. **ขั้นขยายความรู้** เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้เพิ่มเติมหรือ เติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ให้กว้างขวางสมบูรณ์ กระจำงและลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยการอธิบาย ยกตัวอย่าง อภิปราย ซักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ นำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ หรือในชีวิตประจำวัน
 5. **ขั้นประเมินผล** เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้ประเมิน องค์ความรู้ใหม่ของตนเองและของเพื่อนร่วมชั้นเรียน
- สมบัติ กาจนารักษ์พงศ์ (2549) ได้เสนอรูปแบบของการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบ สืบเสาะมี 5 ขั้นตอน คือ
1. สร้างความสนใจ ครูทำการแนะนำบทเรียน สถานการณ์ กิจกรรม ซึ่งนำไปสู่ คำถาม ปัญหา หรือทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สอน และกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น ในการเรียนการสอนต่อไป
 2. การสำรวจ ครูมีหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำระหว่างทำกิจกรรม โดยครูเปิดโอกาสให้ นักเรียนได้ใช้ความคิดหรือความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะเรียนให้เป็นหมวดหมู่ อาจเป็นการ ทดลอง การสำรวจ การสืบค้นโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการด้วยตัวเอง
 3. การอธิบาย กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ ที่ได้รวบรวมไว้ใน ขั้นที่ 2 มาอภิปราย
 4. การลงข้อสรุป ให้นักเรียนนำความรู้ จากข้อมูลชั้นที่ผ่านมาใช้กิจกรรมส่วนใหญ่ เป็นการอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อลงข้อสรุปเกิดเป็นแนวคิดหลัก มีครูเป็นผู้แนะนำ
 5. การประเมินผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายโดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบ แนวคิดหลักของตน ว่าสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้จะรวมทั้งการประเมินผลของครู ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

สรุปการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) ผู้วิจัยได้ยึดตามแบบสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพราะเน้นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้คิด ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า อย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลายทั้งการทำกิจกรรมทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้อย่างมีคุณค่าและที่สำคัญนักเรียนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ทั้งของตนเองและของเพื่อนได้โดยมี 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ หมายถึง ครูผู้สอนมีหน้าที่จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยหรือเกิดปัญหาในประเด็นที่จะศึกษา
 2. ขั้นสำรวจและค้นหา หมายถึง ครูผู้สอนทำหน้าที่จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มในการการวางแผน กำหนดการสำรวจ ตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติ ในประเด็นที่ผู้เรียนสนใจ โดยครูมีหน้าที่ส่งเสริม กระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี
 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนในชั้นเรียนอภิปราย ชักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถึงข้อมูลที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร เพื่อนำไปสู่องค์ความรู้ที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ พร้อมทั้งวิเคราะห์ อธิบาย แล้วลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล
 4. ขั้นขยายความรู้ หมายถึง ครูทำหน้าที่จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่ นำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ หรือในชีวิตประจำวัน
 5. ขั้นประเมินผล หมายถึง ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้ประเมินผลการสำรวจ หรือองค์ความรู้ใหม่ของตนเองและของเพื่อนร่วมชั้นเรียน เช่น การทดสอบ เป็นต้น
3. บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ปรากฏดังตาราง 1

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ol style="list-style-type: none"> 1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้ อยากเห็น 3. ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด 4. ให้ความเวลาผู้เรียนคิดก่อนตอบคำถามหรือไม่เร่งรีบในการตอบคำถาม 5. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความคิดเห็น 4. กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่จะสำรวจให้ชัดเจน 5. แสดงความสนใจ
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจ 2. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจด้วยตัวของผู้เรียนเอง 3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบด้วยตนเอง 4. ให้ความเวลาผู้เรียนในการคิดไตร่ตรองปัญหา 5. ฟังการโต้ตอบกันของผู้เรียน 6. ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา 7. อำนวยความสะดวก 	<ol style="list-style-type: none"> 1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้ 3. พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย 4. ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหา 5. ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบขั้นตอนถูกต้อง 6. บันทึกการสังเกตหรือผลการสำรวจอย่างเป็นระบบ 7. กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้อธิบายผลการสำรวจและแนวคิด ด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง 2. ให้ผู้เรียนอธิบายโดยอ้างอิงเหตุผลหลักการทางวิชาการหรือหลักฐานประกอบ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจที่ได้ 2. อธิบายผลการสำรวจให้สอดคล้องกับข้อมูล 3. อธิบายโดยอ้างอิงเหตุผลหลักการทางวิชาการและหลักฐานประกอบ

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	3. ให้ความสนใจกับคำอธิบายของผู้เรียน	4. ฟังการอธิบายของผู้อื่นแล้วคิดวิเคราะห์ 5. ซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนขยายแนวคิดและทักษะจากการสำรวจตรวจสอบ 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ 3. ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์และความรู้เดิมมาใช้ในการอธิบาย	1. ใช้ข้อมูลจากการสำรวจไปอธิบายหรือนำทักษะจากการสำรวจไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม 2. นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่ออธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
5. ประเมินผล (Evaluation)	1. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ด้วยตนเอง 3. ให้ผู้เรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจ	1. วิเคราะห์การสร้างความรู้ด้วยตนเอง 2. ถามคำถามที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบใหม่ 3. ประเมินความก้าวหน้าและความรู้ของตนเอง

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545)

Callahan (1991) กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ปรากฏดังตาราง 2

พูน ปรณ ทิโต ชีเว

ตาราง 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ol style="list-style-type: none"> 1. สร้างความสนใจ 2. ตั้งคำถาม เลือกประเด็นที่น่าสนใจ 3. ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ 4. สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน 5. ครูพยายามสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่ช่วยส่งเสริมการคาดเดาคำตอบ การตั้งข้อสงสัยและการคิดแก้ปัญหา 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความคิดและพยายามค้นหาคำตอบของสิ่งที่สงสัย 4. กำหนดเรื่องที่จะสำรวจให้ชัดเจน
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ให้คำแนะนำกับนักเรียนเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม 2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบค้นด้วยตนเอง 3. ปล่อยให้เวลาผู้เรียนในการคิดไตร่ตรองปัญหา 4. ฟังความคิดของผู้เรียน 5. ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา 6. อำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูล 	<ol style="list-style-type: none"> 1. พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้ 2. ระดมแนวทางในการแก้ปัญหา 3. ตรวจสอบสมมติฐาน 4. บันทึกผลการค้นหาและทำการวิเคราะห์ผลที่ได้
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการอภิปรายในชั้นเรียน และพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดโดยไม่มีกรข่มขู่ เมื่อคำตอบไม่ถูกต้อง 2. ให้ผู้เรียนอธิบายโดยอ้างอิงเหตุผล หลักการทางวิชาการหรือหลักฐานประกอบ 3. ให้ความสนใจและรับฟังกับคำอธิบายของผู้เรียน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายการแก้ปัญหาที่ค้นพบได้ 2. อธิบายโดยอ้างอิงเหตุผลและมีหลักฐานประกอบ 3. รับฟังการอธิบายของผู้อื่นแล้วคิดวิเคราะห์ 4. ชักถามเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ข้อมูลจากการสำรวจไปอธิบายในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	2. ส่งเสริมความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน 3. ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์และความรู้เดิมมาใช้ในการอธิบาย 4. จัดสถานการณ์ที่คล้ายกันเพื่อให้ผู้เรียนฝึกการนำความรู้มาใช้	2. นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม 3. ให้ความสนใจในการนำความรู้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	1. ใช้คำถามหรือสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การประเมิน 2. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ด้วยตนเอง 3. จัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถประเมินความรู้ของตนเองได้	1. ประเมินความรู้ของตนเอง

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	1. วางแผนเลือกและจัดหาอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์ในชั้นเรียน กำหนดเวลาและขั้นตอนการสอน 2. สังเกตความพร้อมของนักเรียนก่อนที่จะให้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ	1. ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม 2. ตอบคำถาม 3. กำหนดเรื่องที่สนใจหรือปัญหาที่ต้องการตรวจสอบ

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	3. สร้างประเด็นปัญหาเพื่อนำไปสู่การค้นคว้า	
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	1. ครูใช้คำถามอย่างเหมาะสมเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้สืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง 2. ครูฝึกให้นักเรียนตั้งคำถาม ในสิ่งที่ยังสงสัย โดยไม่ต้องรีบตอบคำถามของนักเรียน แต่ควรชี้แนะทางให้นักเรียนสามารถค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง 3. ครูแนะนำอุปกรณ์ วิธีใช้และข้อควรระวังต่าง ๆ 4. สังเกตลำดับขั้นตอนในการคิดหาเหตุผลของนักเรียน และให้คำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนต่าง ๆ เมื่อจำเป็น ด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนพยายามหาคำตอบได้ด้วยตนเอง 5. ครูควรให้กำลังใจนักเรียนมากกว่าวิพากษ์วิจารณ์	1. นักเรียนฝึกคิดอย่างเป็นระบบในการรวบรวมข้อมูล 2. นักเรียนตั้งคำถาม ในสิ่งที่ยังสงสัย 3. นักเรียนรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์และหาข้อสรุปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายในห้องเรียน 2. ให้ผู้เรียนอธิบายโดยใช้เหตุผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ 3. ให้ความสำคัญกับคำอธิบายของนักเรียนทุกครั้ง	1. อธิบายการแก้ปัญหาที่ค้นพบได้ 2. ผู้เรียนอธิบายโดยใช้เหตุผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ 3. ซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ ส่งเสริมความรู้ที่ได้เข้ากับชีวิตประจำวัน จัดสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาใช้ 	<ol style="list-style-type: none"> ใช้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบไปอธิบายในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	<ol style="list-style-type: none"> จัดเหตุการณ์ที่ทำให้นักเรียนประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ด้วยตนเอง 	<ol style="list-style-type: none"> ประเมินความรู้ของตนเอง

สรุป บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) ปรากฏดังตาราง 4 โดยยึดตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) เพื่อเป็นแนวทางในปฏิบัติตนในการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนและนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

ตาราง 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ol style="list-style-type: none"> สร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ให้เวลาผู้เรียนคิดก่อนตอบคำถามหรือไม่เร่งรีบในการตอบคำถาม 	<ol style="list-style-type: none"> ตั้งคำถาม ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่ จะสำรวจให้ชัดเจน แสดง ความสนใจ

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	5. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ	
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจ 2. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจด้วยตัวของนักเรียนเอง 3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบด้วยตนเอง 4. ให้ความเวลาผู้เรียนในการคิดไตร่ตรองปัญหา 5. ฟังการโต้ตอบกันของผู้เรียน 6. ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา 7. อำนวยความสะดวก 	<ol style="list-style-type: none"> 1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้ 3. พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย 4. ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหา 5. ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบขั้นตอนถูกต้อง 6. บันทึกการสังเกตหรือผลการสำรวจอย่างเป็นระบบ 7. กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้อธิบายผลการสำรวจและแนวคิด ด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง 2. ให้ผู้เรียนอธิบายโดยอ้างอิงเหตุผลหลักการทางวิชาการหรือหลักฐานประกอบ 3. ให้ความสนใจกับคำอธิบายของผู้เรียน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจที่ได้ 2. อธิบายผลการสำรวจให้สอดคล้องกับข้อมูล 3. อธิบายโดยอ้างอิงเหตุผลหลักการทางวิชาการและหลักฐานประกอบ 4. ฟังการอธิบายของผู้อื่นแล้วคิดวิเคราะห์ 5. ซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> ส่งเสริมให้ผู้เรียนขยายแนวคิดและทักษะจากการสำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์และความรู้เดิมมาใช้ในการอธิบาย 	<ol style="list-style-type: none"> ใช้ข้อมูลจากการสำรวจไปอธิบายหรือนำทักษะจากการสำรวจไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่ออธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	<ol style="list-style-type: none"> ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน ส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจ 	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ถามคำถามที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบใหม่ ประเมินความก้าวหน้าและความรู้ของตนเอง

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545)

4. ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) มีดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา
 2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกปฏิบัติทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตัวเอง
 3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
 4. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
 5. นักเรียนสามารถเรียนรู้มนมติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

มีดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา
2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและลงมือทำด้วยตนเอง ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. นักเรียนมีกระบวนการคิดที่เป็นไปตามหลักการทางวิทยาศาสตร์เร็วขึ้น และเป็นเหตุเป็นผล

5. นักเรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อการสอนวิทยาศาสตร์
 สุนทรค์ สนิธพานนท์ (2558) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) มีดังนี้

1. นักเรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ มีโอกาสได้ศึกษา สำรวจ ค้นหารวบรวมข้อมูล บันทึก ทดสอบความคิด ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง
2. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันกับผู้อื่น รู้จักอภิปรายแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล
3. นักเรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ความรู้ และทักษะได้ด้วยตนเอง
4. นักเรียนรู้จักประเมินการทำงานด้วยตนเอง และนำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

สรุปข้อดีของการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) คือ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จึงสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ เป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้มีความสนใจในการเรียน มีเหตุผล รู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสนใจในการเรียน ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

เทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

1. ความหมายของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา

Polya (2004) ได้ให้ความหมายของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล ที่เน้นกระบวนการค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นขั้นตอน เป็นระบบ และการตัดสินใจ

เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ง่าย กระชับ และถูกต้อง โดยมีการตรวจสอบคำตอบเสมอ ทำให้นักเรียนมีความถูกต้องในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้ให้ความหมายของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ง่าย กระชับ และถูกต้องตามความสามารถของแต่ละบุคคล มากกว่าการฝึกทำแบบฝึกหัด

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2557) ได้ให้ความหมายของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาว่าเป็นการเน้นที่กระบวนการหรือขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบอย่างเป็นระบบ และมีการตรวจสอบคำตอบเสมอ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการหรือกระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบ

สรุป ได้ให้ความหมายของเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคลที่เน้นกระบวนการค้นพบวิธีการแก้ปัญหา โดยอาศัยวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ง่าย กระชับ และถูกต้อง โดยมีการตรวจสอบคำตอบเสมอ เพื่อให้นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการหรือกระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาได้

2. หลักการเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา

Polya (2004) ได้ให้ความหมายของหลักการเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยาว่าเป็นการสอนที่ครูผู้สอนต้องส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบรูปแบบและวิธีการแก้ปัญหาต่างๆด้วยตนเอง โดยเน้นที่วิธีที่หลากหลายในการแก้ปัญหา แล้วให้นักเรียนเลือกวิธีการง่าย สั้น กระชับ ตามความสามารถของตนเอง วิธีการจัดการเรียนรู้ควรเน้นที่ทักษะกระบวนการคิดของนักเรียนให้มีลำดับมีขั้นตอนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยไม่ควรเน้นที่คำตอบว่าถูกหรือผิดเพียงอย่างเดียว แต่ควรเน้นที่ขั้นตอนการแก้ปัญหของนักเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้ให้ความหมายของหลักการเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยาคือนักเรียนต้องอาศัยประสบการณ์เดิมเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา มีการคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เพื่อพิจารณาปัญหา แล้วนำมาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อหาวิธีการปัญหาที่ง่ายที่สุดสำหรับนักเรียน โดยอาศัยการค้นพบวิธีการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2557) ได้ให้ความหมายของหลักการเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยาว่าเป็นเทคนิคที่เน้นการค้นพบการแก้ปัญหอย่างเป็นขั้นตอน เป็นระบบ โดยอาศัยการวิเคราะห์ปัญหาและสิ่งที่กำหนดให้ โดยมีการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน วิธีที่นำมาแก้ปัญหต้องเป็นวิธีที่ง่ายสำหรับนักเรียน

สรุป หลักการเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบรูปแบบและวิธีการแก้ปัญหาต่างๆด้วยตนเอง โดยเน้นที่วิธีที่หลากหลายในการ

แก้ปัญหา แล้วให้นักเรียนเลือกวิธีการง่าย สั้น กระชับ ตามความสามารถของตนเองจากประสบการณ์ และความรู้เดิมที่มีอยู่ของนักเรียน โดยวิธีการจัดการเรียนรู้ควรเน้นที่ทักษะกระบวนการคิดของนักเรียนให้มีลำดับ มีขั้นตอน ที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้

3. ขั้นตอนเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหามาของโพลยาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding The Problem) ผู้เรียนต้องสามารถตีความ และแปลความของโจทย์ปัญหาได้ ดังนั้นควรฝึกให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาให้ถูกต้องตามวรรคตอนของโจทย์และพิจารณาว่า อะไรคือข้อมูล อะไรคือสิ่งไม่รู้ อะไรคือเงื่อนไขของปัญหา อะไรคือปัญหา คำตอบจะออกมาได้แบบใด รวมทั้งพิจารณาข้อมูลว่าเพียงพอจะแก้ปัญหหรือไม่ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 นักเรียนอ่านหรือพิจารณาปัญหา และเล่ารายละเอียดของปัญหาทั้งหมดตามความเข้าใจของตนเอง นักเรียนทำการวิเคราะห์ว่าโจทย์ต้องการสิ่งใดเป็นรายบุคคล เพราะนักเรียนแต่ละคนมีความเข้าใจโจทย์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ควรให้นักเรียนเล่าความเข้าใจโดยใช้สำนวนภาษาของตนเอง และให้นักเรียนคนอื่น ๆ ร่วมแสดงความคิดเห็นว่าเรื่องราวของโจทย์ปัญหาตรงตามที่ตนเองเข้าใจหรือไม่

1.2 นักเรียนพิจารณาลักษณะของคำตอบ ควรมีการพิจารณาลักษณะของคำตอบว่าจะมีลักษณะอย่างไร เช่น วิธีที่ได้มาซึ่งคำตอบว่าได้มาด้วยวิธีใด จากการคำนวณ การวัด โดยคำตอบที่ได้อาจเป็นตัวเลขหรือข้อความ ซึ่งการพิจารณาลักษณะของคำตอบจะช่วยให้เข้าใจในแนวทางแก้ปัญหาได้มากยิ่งขึ้น

1.3 นักเรียนหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่แล้วในโจทย์ปัญหา หรือที่เรียกว่าสิ่งที่โจทย์กำหนด โดยพิจารณาข้อมูลที่ได้ว่ามีความเชื่อมโยงกับการหาคำตอบภายในการแก้โจทย์อย่างไร วิเคราะห์ให้เชื่อมโยงถึงสิ่งที่โจทย์ยังไม่กำหนดมาให้ แต่ต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2. ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหามาด้วยวิธีใด แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์และทำการความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในปัญหา ถ้าหาความเชื่อมโยงไม่ได้ ก็อาศัยหลักการวางแผนดังนี้

2.1 นักเรียนเคยเห็นปัญหานี้มาก่อนหรือไม่ มีลักษณะคล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่

2.2 นักเรียนวิเคราะห์ว่าปัญหาสัมพันธ์กับอะไร รู้ทฤษฎีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหานี้หรือไม่

2.3 นักเรียนต้องพิจารณาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา และพยายามคิดถึงปัญหาที่คุ้นเคย ซึ่งมีสิ่งที่ไม่รู้เหมือนกันหรือคล้ายกัน โดยดูว่าจะใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้นเคยมาใช้แก้ได้หรือไม่

2.4 นักเรียนอ่านปัญหาซ้ำอีกครั้ง และวิเคราะห์ดูว่าแตกต่างจากปัญหาที่เคยพบมาก่อนหรือไม่ โดยยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหามีหลายวิธีด้วยกันดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.4.1 วิธีที่ 1 นักเรียนจำลองสถานการณ์หรือใช้ของจริงหรือของจำลอง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจสถานการณ์ของปัญหาให้ชัดเจนมากขึ้น

2.4.2 วิธีที่ 2 นักเรียนเขียนแผนภาพหรือภาพประกอบ ทำให้สังเกตเห็นข้อมูลใหม่ ๆ เกี่ยวกับโจทย์ปัญหา โดยที่เป็นข้อมูลที่ไม่ได้คำนึงถึงมาก่อนในตอนแรก

2.4.3 วิธีที่ 3 นักเรียนลองเดาแล้วทำการตรวจสอบคำตอบ เป็นการลองผิดลองถูกแต่ต้องเป็นการเดาที่ใช้ความรู้แต่วิธีนี้ไม่ค่อยเหมาะสม ทางที่ดีควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดก่อนที่จะเดาและลงมือทำ

2.4.4 วิธีที่ 4 นักเรียนการสร้างตารางหรือแผนภูมิ การจัดทำข้อมูลลงในตาราง เป็นการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและช่วยให้นักเรียนจัดข้อมูลให้เป็นระบบ

2.4.5 วิธีที่ 5 นักเรียนมีการจตรายการสิ่งที่ลองคิดไว้ ในการแก้ปัญหา เพื่อช่วยจัดลำดับความคิดแล้วทำให้ทราบว่าคุณสมบัติตัวเลขชุดใดไปแล้วบ้าง จะได้ไม่ต้องกลับมาทำซ้ำอีก

2.4.6 วิธีที่ 6 นักเรียนเขียนสมการในการแก้โจทย์ที่สามารถเขียนสมการได้ เมื่อทราบสมการที่ใช้ให้เขียนสมการที่เกี่ยวข้อง หลังจากการเขียนสมการแล้วนักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบเพื่อแก้ระบบสมการได้

2.4.7 วิธีที่ 7 นักเรียนต้องค้นหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ เป็นวิธีการหนึ่ง ที่จำเป็นในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องจัดลำดับข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในโจทย์ปัญหาที่กำหนดและจัดเป็นรูปแบบทั่วไปในการแก้ปัญหา

2.4.8 วิธีที่ 8 นักเรียนต้องใช้การจำเพื่อเชื่อมโยงกับปัญหาที่คล้ายกัน ให้เริ่มคิดว่าเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ และหาจุดที่เหมือนกันและที่แตกต่างกันของการแก้ปัญหานั้น ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหานั้นได้ง่ายขึ้น

2.4.9 วิธีที่ 9 นักเรียนมีความคิดย้อนกลับ บางครั้งการคิดย้อนกลับจะช่วยแก้ปัญหานั้นได้ ซึ่งในการคิดย้อนกลับขึ้นมาก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น

2.4.10 วิธีที่ 10 นักเรียนมีการใช้เหตุผล คนแต่ละวัยมีวิธีคิดของตนเอง ไปคนละแบบตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

3. ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying Out the Plan) เป็นขั้นลงมือปฏิบัติ ตามแผนที่วางไว้ ตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน ตรวจสอบในแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่ เพิ่มเติมรายละเอียดที่จำเป็นเพื่อความชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งพบคำตอบหรือพบวิธีการแก้ปัญหาได้ การดำเนินการตามแผนเป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนซึ่งเป็นการคำนวณหา คำตอบและแสดงวิธีทำดังนี้

3.1 แผนที่ 1 ในการคำนวณหาคำตอบ นักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะการคิด คำนวณ

3.2 แผนที่ 2 ในการแสดงวิธีทำ นักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะสรุปความ จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำมาเขียนข้อความแสดงวิธีทำ

4. ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล (Looking Back) ขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูส่วนมากจะมองข้าม เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันจะเห็นความสำคัญของคำตอบที่ถูกต้องมากกว่า กระบวนการที่ได้มาซึ่งคำตอบ โดยขั้นนี้เป็นการตรวจสอบผลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนที่ผ่านมา เพื่อดูความ ถูกต้องของคำตอบและวิธีการในการแก้ปัญหา พิจารณายังมีคำตอบอื่นหรือวิธีการแก้ปัญหา วิธีอื่น ๆ อีกหรือไม่ แล้วตรวจสอบผลลัพธ์ตรงกันหรือไม่ ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาเพื่อทำให้การแก้ปัญหา กระชับชัดเจนและเหมาะสม ตลอดจนขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาให้กว้างขวางขึ้นและยังอาจ ปรับเปลี่ยนบางเงื่อนไข เพื่อหาข้อสรุปและสรุปผลการแก้ปัญหาในรูปทั่วไป

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2557) ได้เสนอแนวทางแก้ปัญหาของโพลยาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ต้องพยายามทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ แคลความ และสรุปเป็นภาษาของตนเอง ทำความเข้าใจให้ได้ว่าโจทย์ถามถึงอะไร ข้อมูลที่โจทย์ให้มา มีอะไรบ้าง และข้อมูลมีเพียงพอหรือไม่ ในการแก้ปัญหา

2. ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในการแก้ปัญหาโดยมีการแยกปัญหาออกเป็น ส่วนย่อยๆ เพื่อสะดวกในการวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้ปัญหา เช่น การลองผิดลองถูก การคิดถอยหลัง การเขียนตาราง การหารูปแบบการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือความคล้ายคลึง ของปัญหาที่เคยทำมา เป็นต้น

3. ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นที่ดำเนินการแก้ปัญหาคำนวณตามแผนที่วางไว้ใน ขั้นตอนที่ 2 โดยการแสดงวิธีทำ การคำนวณหาคำตอบ โดยใช้ทักษะการคิดคำนวณ

4. ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล เพื่อให้แน่ใจว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นวิธีที่ถูกต้องอาจ ตรวจสอบการแสดงวิธีทำและคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้องโดยอาศัยทักษะการคำนวณ

สรุปเทคนิคการแก้ปัญหาคำนวณของโพลยาโดยยึดตามของกรมวิชาการ เนื่องจากเป็นการ จัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาโดยเน้นที่การฝึกวิธีการแก้ปัญหามากกว่าสอนให้รู้ คำตอบของปัญหา ซึ่งการแก้โจทย์ปัญหาคำนวณตามเทคนิคของโพลยา ประกอบด้วยทั้งหมด 4 ขั้นตอน

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนต้องเขียนได้ว่า อะไรคือสิ่งที่โจทย์ถามหา โจทย์กำหนดอะไรมาให้
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนเขียนระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหา แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในโจทย์ปัญหา เพื่อไปให้ถึงคำตอบ
3. ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนลงมือทำตามวิธีที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 โดยนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการ ทำการคำนวณหาค่าจากสมการและสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ
4. ขั้นตรวจสอบผล นักเรียนเขียนแสดงว่าคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา และมีความถูกต้องหรือไม่

4. การสอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

กระทรวงศึกษาธิการ (2541) ได้เสนอขั้นตอนในการสอนแก้โจทย์ปัญหาโดยพิจารณาตามเทคนิคของโพลยา เพื่อการช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนดังนี้

1. ครูผู้สอนควรให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ให้เข้าใจสำหรับนักเรียนที่อ่านหนังสือไม่คล่องครูผู้สอนอาจอ่านให้นักเรียนฟังแล้วให้นักเรียนพิจารณาว่าสถานการณ์ให้อะไรมาบ้าง และจำแนกสิ่งที่ต้องการ และนักเรียนเดาหรือคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้
2. วางแผนแก้ปัญหา สถานการณ์ที่กำหนดให้จะมีการแก้ปัญหามากมาย ครูผู้สอนมีการยกตัวอย่างแสดงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธีให้นักเรียนดูเพื่อเป็นแนวทางให้แก่ นักเรียน ครูควรเน้นที่ให้นักเรียนพิจารณาถึงวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนเอง ไม่ควรยึดติดกับคำตอบเท่านั้น ในการสอนทุกครั้งต้องการสรุปชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นวิธีการแก้ปัญหา โดยวิธีการแก้ปัญหาควรเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ง่ายที่สุด สั้นและสะดวกที่สุด
3. แก้ไขตามแผนที่วางไว้ ครูผู้สอนไม่ควรกำหนดยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา ครูผู้สอนควรให้นักเรียนเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมตามความสามารถของแต่ละคน โดยในส่วนสถานการณ์ที่มีการคิดคำนวณ ส่วนใหญ่มักจะมีปัญหาอยู่การคำนวณเท่านั้น ถ้านักเรียนวางแผนแก้ปัญหาให้ถูกต้องเหมาะสมในการลงมือแก้ปัญหาตามแผน ครูควรสร้างกิจกรรมเพื่อฝึกฝนในการแก้ปัญหา เช่น การสร้างโจทย์ปัญหาที่มีคำตอบเป็นปริมาณ ส่วนที่สำคัญนักเรียนควรได้รับการฝึกให้มีการตรวจสอบการวางแผนก่อนที่จะลงมือทำตามแผน โดยพิจารณาความน่าจะเป็นของแผนที่วางไว้ว่าเหมาะสมกับการแก้ปัญหาหรือไม่
4. ตรวจสอบคำตอบ ครูผู้สอนส่วนใหญ่ไม่สนใจวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ แต่ไปให้ความสำคัญของคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว จึงมีแนวโน้มว่าครูผู้สอนจะหยุดทำการสอนทันทีเมื่อนักเรียนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแล้ว ครูผู้สอนไม่ควรทำการสอนให้มีลักษณะดังกล่าวมา แต่ต้องฝึกให้

นักเรียนมองย้อนกลับไปทบทวนและตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมาโดยพิจารณาว่าน่าจะมีคำตอบอื่นหรือวิธีการอื่นอีกหรือไม่ โดยตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ในลักษณะต่อไปนี้

- 4.1 วิธีการที่ใช้แก้โจทย์ปัญหาเหมาะสมหรือไม่
- 4.2 ใช้ข้อมูลทั้งหมดที่โจทย์กล่าวถึงครบถ้วนหรือไม่
- 4.3 สามารถพิสูจน์คำตอบที่ได้ว่าเป็นความจริงหรือไม่
- 4.4 มีส่วนใดในวิธีการของนักเรียนที่ทำให้ให้ง่ายขึ้นบ้าง
- 4.5 มีวิธีการใดบ้างในการแก้โจทย์ปัญหาข้อเดิมนี้อีกหรือไม่
- 4.6 วิธีการที่นักเรียนใช้จะประยุกต์นำมาใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ได้บ้างหรือไม่

หลังจากที่ครูให้นักเรียนฝึกทักษะในการแก้ปัญหา หรือฝึกการสร้างโจทย์ปัญหา โดยอาศัยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงรวมทั้งดัดแปลงจากปัญหาเดิมเพื่อฝึกความเคยชิน สรุปรายการสอนแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาจะต้องสอนให้นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ปัญหาให้เข้าแล้วทำการสรุปถึงสิ่งที่โจทย์ต้องการ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ จากนั้นควรมีการเรียนการสอนที่ฝึกให้นักเรียนคิดวางแผนก่อนลงมือทำเสมอ และรู้จักเลือกวิธีแก้ปัญหาง่าย สั้น กระชับ และถูกต้อง ควรให้นักเรียนเลือกกลยุทธ์วิธีแก้โจทย์ปัญหาตามความสามารถของแต่ละบุคคลและเหมาะสม จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบขั้นตอนวิธีการคิดต่าง ๆ ที่ได้มาซึ่งคำตอบและตรวจสอบคำตอบ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม เพื่อทำการค้นคว้าข้อมูล นำมาวิเคราะห์ห้อย่างมีเหตุผล จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ หมายถึง ครูผู้สอนกำหนดเหตุการณ์ สถานการณ์หรือกิจกรรมที่น่าสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน โดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากเรียนรู้ในหัวข้อที่สอน เกิดความสงสัยเกิดขึ้น
2. ขั้นสำรวจและค้นหา หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหาหรือเรื่องที่จะศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้จากใบกิจกรรมกลุ่ม แล้ววางแผนดำเนินการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล โดยอาศัยการตอบคำถามจากใบกิจกรรมกลุ่มเป็นแนวทางในการเก็บรวบรวม

ข้อมูล ครูผู้สอนมีหน้าที่ส่งเสริม กระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี

3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากใบกิจกรรมกลุ่มแล้วมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ลงในกระดาษที่ครูกำหนดให้ และส่งตัวแทนนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน โดยครูผู้สอนจัดพื้นที่ว่าง เพื่อให้ให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดเห็นและกระตุ้นด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปความรู้ให้ถูกต้อง

4. ชั้นขยายความรู้ หมายถึง ครูผู้สอนนำสถานการณ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกับเรื่องที่สอนให้นักเรียนมาแก้ปัญหา เพื่อกระตุ้นนักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ

5. ชั้นประเมินผล หมายถึง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถทำให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินความรู้ใหม่ของตนเอง เช่น การทดสอบ เป็นต้น

เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา หมายถึง การสอนให้นักเรียนสามารถการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ที่เน้นกระบวนการค้นพบที่มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยมี 4 ขั้นตอนคือ

1. ชั้นทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนต้องเขียนได้ว่า อะไรคือสิ่งที่โจทย์ถามหา โจทย์กำหนดอะไรมาให้
2. ชั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนเขียนระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหา แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในโจทย์ปัญหา เพื่อไปให้ถึงคำตอบ
3. ชั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนลงมือทำตามวิธีที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 โดยนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการ ทำการคำนวณหาค่าจากสมการและสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ
4. ชั้นตรวจสอบผล นักเรียนเขียนแสดงว่าคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา และมีความถูกต้องหรือไม่

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม เพื่อทำการค้นคว้าข้อมูล นำมาวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล สามารถแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ที่เน้นกระบวนการค้นพบที่มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา มี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ชั้นขยายความรู้ และ 5) ชั้นประเมินผล โดยเทคนิคของโพลยารวมในขั้นที่ 2 คือ ขั้นสำรวจและ

ค้นหา และขั้นที่ 4 ขยายความรู้ ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

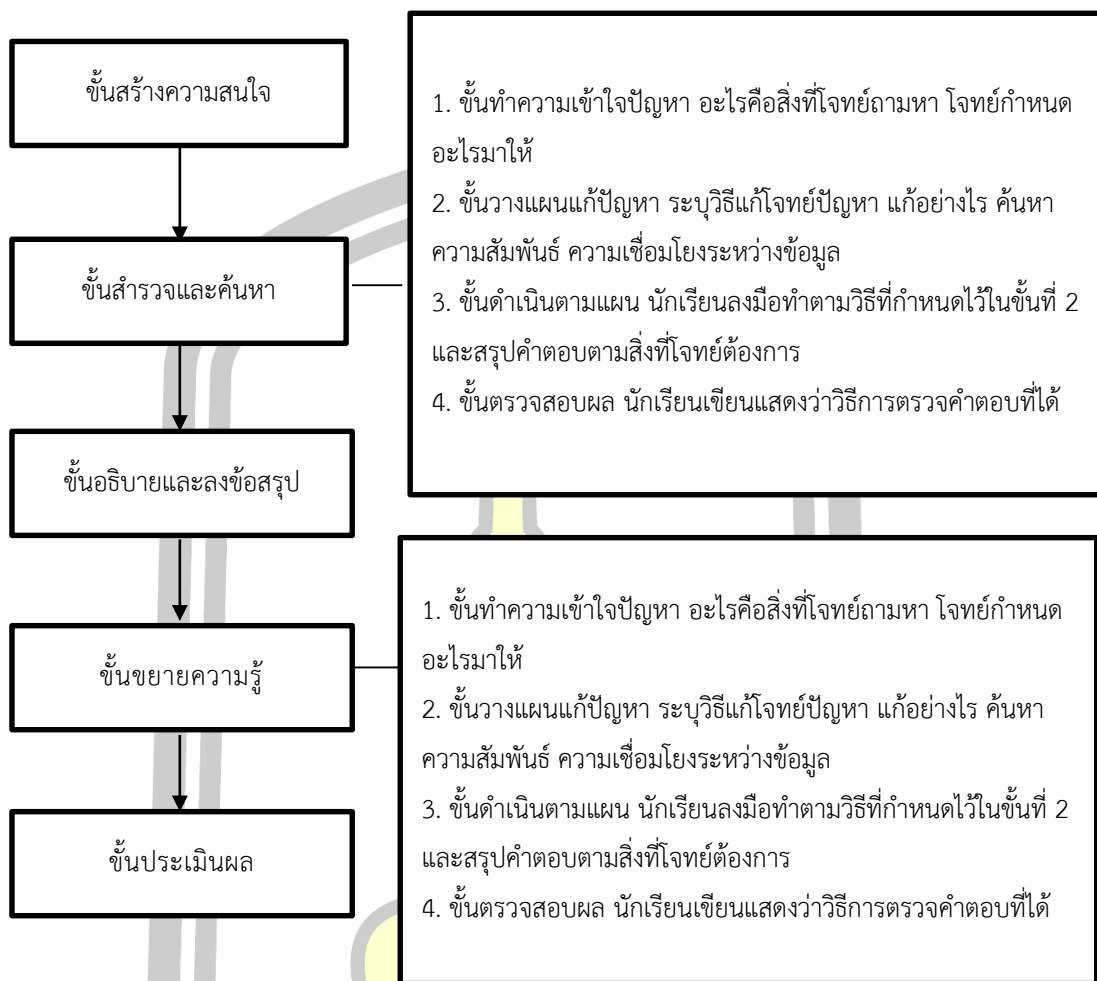
1. ขั้นสร้างความสนใจ หมายถึง ครูผู้สอนกำหนดเหตุการณ์ สถานการณ์หรือกิจกรรมที่น่าสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน โดยใช้คำถามเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากเรียนรู้ในหัวข้อที่สอน เกิดความสงสัยเกิดขึ้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจในปัญหาหรือเรื่องที่จะศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้จากใบกิจกรรมกลุ่ม ว่าโจทย์ต้องการถามหาอะไร อะไรที่โจทย์กำหนดให้ และค้นหาคำสำคัญจากโจทย์ปัญหา แล้ววางแผนแก้ปัญหาทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ แสดงสมการที่เกี่ยวข้อง กำหนดวิธีการและขั้นตอนในการทำโจทย์ ทำตามวิธีที่กำหนดของขั้นตอนในการทำโจทย์ โดยแทนค่าข้อมูลลงในสมการที่กำหนด แล้วทำการคำนวณหาค่าจากสมการ และสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ สุดท้ายตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ส่งเสริม กระตุ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากใบกิจกรรมกลุ่มแล้วมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ลงในกระดาษที่ครูกำหนดให้ และส่งตัวแทนนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน โดยครูผู้สอนจัดพื้นที่ว่างเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดเห็น โดยการนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็ได้ที่สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ จากนั้นครูผู้สอนกระตุ้นด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปความรู้ได้ถูกต้องตามสาระสำคัญการเรียนรู้

4. ขั้นขยายความรู้ หมายถึง ครูผู้สอนนำสถานการณ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกับเรื่องที่สอนให้นักเรียนมาแก้ปัญหา เพื่อกระตุ้นนักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ โดยนักเรียนต้องมีการทำความเข้าใจปัญหา มีการวางแผนแก้ปัญหา แล้วทำการดำเนินการตามแผน จากนั้นทำการตรวจสอบผลที่ได้

5. ขั้นประเมินผล หมายถึง ครูผู้สอนมีการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถทำให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินความรู้ใหม่ของตัวเองได้ เช่น การทดสอบ เป็นต้น



ภาพประกอบ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

1. ความหมายของปัญหา

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) ได้ให้ความหมายของปัญหา ว่าเป็นอุปสรรคหรือสิ่งที่ขัดขวางในการทำงาน โดยที่คนเราไม่สามารถแก้ไขได้ทันทีจากสิ่งที่เคยเรียนรู้มา จึงต้องศึกษาสาเหตุของปัญหาให้ลึกซึ้งเพื่อหาวิธีการหรือกระบวนการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2544) ได้ให้ความหมายของปัญหา ว่าเป็นเหตุการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ที่เรียนมา กับความรู้ใหม่มาสังเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งอันดับแรกต้องยอมรับว่านี่คือปัญหา ต้องรู้อะไรคือปัญหาที่ต้องแก้ไข เมื่อแก้ไขแล้วต้องบรรลุจุดมุ่งหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ได้ให้ความหมายของปัญหา ว่าเป็นเหตุการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่คนเราไม่สามารถแก้ไขได้อย่างทันทีหรือมองไม่เห็นวิธีแก้ไขได้ทันที และเมื่อเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถทำให้บรรลุจุดประสงค์ของตนได้

สรุปปัญหา คือ เหตุการณ์หรือสิ่งต่างๆ ที่มาขัดขวางทำให้คนเราไม่สามารถไปถึงจุดมุ่งหมายได้และไม่สามารถใช้ความรู้ที่เคยมีมาก่อนแก้ไขได้ในทันทีไม่เห็นวิธีแก้ไขได้ทันทีเมื่อแก้ไขแล้วต้องบรรลุจุดมุ่งหมาย

2. ความหมายของการแก้ปัญหา

Hadgins (1997) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหา ว่าเป็นการค้นหาวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับจัดการกับสถานการณ์ที่ขัดขวางที่ทำให้ไม่ไปถึงเป้าหมาย โดยอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหา การวิเคราะห์ เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการปัญหาที่หลากหลาย แล้วทำการเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนคณิตศาสตร์ (2545) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหา ว่าเป็นกระบวนการสมองที่ซับซ้อนซึ่งต้องประกอบด้วย การมองเห็นภาพ การจินตนาการ การจัดทำอย่างมีทักษะ การวิเคราะห์ และการสรุปการโยนความคิด ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองที่ซับซ้อนต้องอาศัยความรู้พื้นฐานมโนคติ และทักษะที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นๆ ต้องอาศัยทักษะในการอ่าน ความกระตือรือร้น ความอยากรู้อยากเห็น ดังนั้นความรู้ความสามารถพื้นฐานนักเรียนควรจะได้รับฝึกฝน เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ควรมีดังนี้

1. มีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาความเข้าใจมโนคติ และทักษะในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นๆ
 2. มีความสามารถในการอ่านการแปลความการตีความ และการขยายความสามารถ
 3. มีความสามารถในการแปลข้อความเป็นสัญลักษณ์ หรือแผนภาพ
 4. มีความสามารถในการวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องในระหว่างข้อมูลที่มีอยู่
- หาความเกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลที่มีอยู่กับประสบการณ์เก่า มีความสามารถในการจัดระบบข้อมูล จัดลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์หารูปแบบ และการหาข้อมูล

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหา ว่าเป็นการคิดไตร่ตรองการวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประเด็นสำคัญของเรื่องหรือสิ่งต่างๆ ที่คอยสร้างความยุ่งยาก สับสน และพยายามหาหนทางที่ออกจากสิ่งเหล่านั้น

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2557) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหา ว่าเป็นรูปแบบการคิดแก้ปัญหาที่เริ่มจากการรับรู้ถึงสถานการณ์ที่ยังไม่ปรากฏขึ้น และนำเอาสถานการณ์นั้นมาเข้าสู่การคิดแก้ปัญหา หรือคิดค้นหาคำตอบที่แปลกใหม่เป็นวิธีการคิดที่มีคุณค่าตามกระบวนการคิดแก้ปัญหา

โดยอาศัยประสบการณ์หรือจากการเรียนรู้ทั้งทางตรง และทางอ้อมของบุคคล เพื่อให้บรรลุสำเร็จตามความมุ่งหมายเฉพาะสถานการณ์ที่กำหนด

สรุป การแก้ปัญหา คือ การหาทางออกของปัญหา โดยใช้ความรู้และประสบการณ์หรือจากการเรียนรู้ทั้งทางตรง และทางอ้อมของบุคคลมาใช้ในการวิเคราะห์ การพิจารณา การเชื่อมโยง และลงข้อสรุปอย่างเป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

3. แนวคิดในการแก้ปัญหา

Helton (1958) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. ขั้นที่ 1 นักเรียนอ่านโจทย์ให้เข้าใจว่าจะต้องการอะไร
2. ขั้นที่ 2 นักเรียนทำการกำหนดสัญลักษณ์เป็นตัวแทนของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า
3. ขั้นที่ 3 นักเรียนต้องหาสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่สอดคล้องกับโจทย์
4. ขั้นที่ 4 นักเรียนต้องเขียนสมการ
5. ขั้นที่ 5 นักเรียนทำการแก้สมการให้ความหมายของคำตอบ เช่น บอกหน่วย
6. ขั้นที่ 6 นักเรียนตรวจสอบคำตอบ เมื่อได้คำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

Banks (1959) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีการประเมินในการแก้ปัญหาโดยใช้คำตอบ
2. นักเรียนพิจารณาเพื่อแยกแยะหรือแบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็นบางส่วน
3. นักเรียนทำความเข้าใจกับคำหลักเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆในโจทย์
4. นักเรียนทำการตีความเป็นระยะให้ถูกต้อง
5. นักเรียนต้องสามารถบอกข้อความที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ถูกต้อง
6. นักเรียนต้องมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนที่จะเริ่มทำการคำนวณ
7. เมื่อรู้ปัญหาแล้วอ่านปัญหาอีกครั้งนักเรียนต้องบันทึกรายละเอียดและตรวจสอบ

ปัญหา

ความถูกต้อง

แก้ปัญหา

8. นักเรียนค้นหาว่าส่วนใดที่โจทย์ปัญหาให้มาและส่วนใดที่ต้องการหา
9. นักเรียนทำการวางแผนการแก้ไขปัญหาและวางเค้าโครงของกระบวนการที่ใช้
10. นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลในโจทย์ปัญหา
11. นักเรียนอาจใช้การวาดรูป เค้าที่จะเป็นไปได้
12. นักเรียนพิจารณาว่าข้อความใดที่ไม่จำเป็นต้องใช้
13. นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหาอย่างถ่องแท้ก่อนที่จะคำนวณ

Dewey (1980) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ ว่าชีวิตคนเราเผชิญอยู่กับสิ่งที่ปัญหาอยู่ตลอดเวลาทั้งปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงภายในของร่างกายและจิตใจ ดังนั้นวิธีสอนที่ดีจะต้องรู้จักฝึกคนให้รู้จักแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยตัวของเขาเองจึงจะช่วยให้สามารถดำเนินชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้มนุษย์เป็นสัตว์ที่ฉลาด และมนุษย์มีมันสมองรู้จักคิดจึงสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าการเรียนการสอนที่น่าจะหาทางส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิด เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าการคิดอย่างมีระบบตามแบบวิธีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความคิดที่เป็นลำดับขั้นตอนน่าว่าเป็นวิธีการที่ได้ผลที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา

Bloom (1987) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้มีขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 เมื่อนักเรียนได้พบกับปัญหาผู้เรียนจะต้องค้นหาสิ่งที่เคยพบเห็น
2. ขั้นตอนที่ 2 นักเรียนจะใช้ผลจากขั้นตอนที่ 1 มาสร้างรูปแบบของปัญหา
3. ขั้นตอนที่ 3 นักเรียนต้องจำแนกแยกแยะปัญหา
4. ขั้นตอนที่ 4 นักเรียนทำการเลือกหลักการทฤษฎีความคิดและวิธีการที่เหมาะสม
5. ขั้นตอนที่ 5 นักเรียนต้องลงข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา
6. ขั้นตอนที่ 6 นักเรียนต้องพิจารณาผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

ขึ้นมาใหม่

กับปัญหา

Dolsiane (1975) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ นักเรียนจะต้องทราบอะไรข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้มี
2. ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ ในขั้นตอนนี้เป็นการฝึกให้นักเรียนสร้างตัวแปรจากสิ่งที่ไม่ทราบค่า
3. ขั้นตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ของสิ่งที่ต้องการ โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์แยกแยะประเด็นของจุดออกมาเป็นแต่ละตอน โดยแต่ละคนสามารถสร้างภาพที่เป็นรูปธรรมให้ชัดเจนโดยการวาดภาพแสดงเป็นประโยคสัญลักษณ์หรือสมการ
4. ขั้นตอนที่ 4 แก้อสมการ ในขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนรู้จักวิธีการคิดคำนวณจากสมการหลังจากที่นักเรียนได้เขียนประโยคสัญลักษณ์หรือสมการ
5. ขั้นตอนที่ 5 คำตอบและวิธีการ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบด้วยตัวเอง

Pizzini (1989) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสืบเสาะค้นหา ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ให้นักเรียนระบุปัญหาที่ต้องการตลอดจนซักถามให้นักเรียนเกิดความคิด

ความเข้าใจในปัญหานั้น ทำให้สามารถเพิ่มเติมในเรื่องที่จะช่วยในการแก้ปัญหาขั้นต่อไป ดังนั้น
 ชั้นนี้นักเรียนจะเป็นผู้ตั้งปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา

2. ขั้นที่ 2 ขั้นแก้ปัญหา ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายหรือค้นหาวิธีการแก้ปัญหา
 มีการวางแผนการแก้ปัญหานำไปสู่การปฏิบัติการทดลองและรวบรวมข้อมูลเพื่อแปลความหมาย

3. ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความรู้ นักเรียนรวบรวมข้อมูลมาอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง
 ผู้ให้คำถามเพื่อเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ที่ค้นพบเพื่อสามารถที่จะสรุปเป็นความคิด
 รวบรวมหรือหลักการต่อไป

4. ขั้นที่ 4 การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เมื่อมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
 ความรู้ที่ของนักเรียน และนำความรู้ที่ได้ไปศึกษาเพิ่มเติมหรือสร้างประเด็นใหม่ๆได้อีกต่อไป

ดวงเดือน อ่อนน่วม และคณะ (2537) ได้เสนอแนวคิดขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้
 มีหลักการสำคัญ 8 ประการ คือ

1. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ว่าโจทย์ปัญหาแต่ละข้อนั้นมีข้อมูลอะไรบ้าง
 และโจทย์ต้องการอะไรสิ่งทีโจทย์ให้มีความสำคัญอย่างไร

2. การเขียนประโยคสัญลักษณ์คือ นักเรียนสามารถการเขียนประโยคที่ประกอบไป
 ด้วยตัวเลขและใช้สัญลักษณ์แทนข้อความ ซึ่งนักเรียนจะต้องสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่กำหนดให้
 แล้วแปลความหมายเป็นสัญลักษณ์

3. ครูผู้สอนมีการใช้สื่อการสอนที่เป็นของจริง รูปภาพ แผนภาพ หรือสร้าง
 สถานการณ์จำลอง

4. ความสามารถในการอ่านก็มีความสำคัญในการแก้ไขปัญหาในการสอนโจทย์
 ปัญหาดังนั้นครูผู้สอนควรสอนให้นักเรียนสังเกตคำมากกว่าจำคำเพราะคำบางคำเมื่อไปอยู่ต่างที่
 จะตีความหมายจุดได้ต่างกัน

5. ทักษะในการคำนวณ นักเรียนต้องมีพื้นฐานในการคำนวณที่ดี

6. การประเมินคำตอบ จะช่วยทำให้นักเรียนทราบว่าวิธีที่นักเรียนใช้แก้ปัญหา
 และการคำนวณถูกหรือผิดได้

7. การใช้วิธีแก้ปัญหาหลายวิธี ครูให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาอะไรหลายวิธี
 เพื่อให้มีความคิดที่กว้างขวาง

8. การเลือกโจทย์ปัญหามาใช้ในสอนนักเรียน มีหลักการเลือกดังนี้

8.1 โจทย์ปัญหาต้องมีสอดคล้องกับเนื้อหาที่กำหนดให้ในแต่ละครั้ง

8.2 สถานการณ์ในโจทย์ปัญหาความเป็นเรื่องที่สามารถใช้สื่อที่เป็นของจริงหรือ
 ของจำลองประกอบการสอนได้

8.3 เนื้อหาในโจทย์ปัญหาควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

8.4 ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับวัยของนักเรียนและไม่ใช้ของฟุ่มเฟือย

สรุป แนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาคือ การที่จะให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหานั้นครูผู้สอนต้องให้หลักการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอนเป็นกระบวนการเพื่อให้นักเรียนมีหลักการในการปฏิบัติและเกิดความคิดหาเหตุผลเพื่อได้คำตอบตามที่ระบุไว้

4. ความหมายของโจทย์ปัญหา

กระทรวงศึกษาธิการ (2541) ได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาว่า โจทย์ปัญหาเป็นคำถามหรือสถานการณ์ ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในทันที ต้องคิดวิธีการ มีการวิเคราะห์คำถามหรือสถานการณ์ เพื่อให้ถึงจุดมุ่งหมายนั้น ๆ

หน่วยศึกษานิเทศก์ (2545) ได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาว่า โจทย์ที่มีข้อความ เป็นภาษาหนังสือ หรือโจทย์ที่เป็นเรื่องราวหรือโจทย์ที่เป็นคำพูดที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในทันที ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณหรือตัวเลข โดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจลงมือแก้ปัญหาเอง โดยจะต้องแปลความหมาย วิเคราะห์ความหมายของโจทย์ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบ

Lumsdaine (1995) ได้ให้ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาว่า เป็นโจทย์หรือสถานการณ์ที่มีข้อความและตัวเลข ที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในทันที ต้องมีการแยกส่วนของโจทย์เพื่อนำมาวิเคราะห์คำหรือข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหา นำมาคิดอย่างเป็นขั้นตอนและมีเหตุผลเพื่อวางแผนหาคำตอบ

สรุปโจทย์ปัญหา คือ สถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อความและตัวเลขไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในทันทีซึ่งจะต้องอาศัยการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน วิจัยในครั้งนี้อย่างน้อยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาเคมี โดยผู้วิจัยได้นิยามโจทย์ปัญหาเคมีว่า เหตุการณ์ที่เป็นข้อความหรือตัวเลขในรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Dewey (1976) ให้ความหมายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาว่า ความสามารถในการรับรู้และเข้าใจปัญหาเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น ผู้ที่ประสบปัญหาจะต้องรับรู้และเข้าใจปัญหาก่อนว่าปัญหาที่แท้จริงคืออะไร เมื่อพิจารณาแล้วว่ามีสาเหตุของปัญหาต้องมีการระบุและแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งลักษณะมีความแตกต่างกัน ระดับยากง่ายที่แก้ไขต่างกัน จากนั้นต้องหาวิธีการให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา และออกแบบรูปแบบวิธีการรวบรวมข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังเป็นสมมุติฐานกำหนดเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีการแก้ปัญหา และผลที่ได้

ไม่ถูกต้องต้องเสนอวิธีการแก้ปัญหาใหม่ จะได้วิธีที่ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุดจากนั้นนำวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสครั้งหน้าเมื่อพบสถานการณ์คล้ายคลึงกับปัญหาที่พบมาแล้ว

Lamsdaine and Lamsdaine (1995) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาว่าเป็นความสามารถในการค้นพบการจัดการกับวิกฤตการณ์และทำการแยกส่วนวิเคราะห์ คำหรือข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหาเพื่อนำไปหาคำตอบ

Polya (2004) ให้ความหมายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาว่า ความสามารถในการสำรวจและค้นพบปัญหาของโจทย์ด้วยวิธีต่าง ๆ จนมองเห็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการหาและข้อมูลอะไรที่เป็นประโยชน์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของโจทย์ปัญหาและตรวจสอบการคำนวณผลการคำนวณถูกต้องหรือไม่

สรุป ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี คือ ความสามารถในการค้นพบวิธีหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีต่าง ๆ โดยอาศัยการพิจารณาว่าอะไรคือปัญหา อะไรคือข้อมูลที่ต้องการหาและอะไรข้อมูลอะไรที่เป็นประโยชน์ได้ สามารถวางแผนเพื่อแก้โจทย์ปัญหาและดำเนินวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ ซึ่งสามารถทำการตรวจสอบวิธีที่ได้มาซึ่งคำตอบ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยมีพฤติกรรมการคิดเป็นลำดับดังนี้

1. ทำความเข้าใจ นักเรียนต้องสามารถเขียนได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ อะไรคือสิ่งที่โจทย์ถามหา
2. วางแผน นักเรียนเขียนระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหา แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในโจทย์ปัญหา เพื่อไปให้ถึงคำตอบของการแก้โจทย์ปัญหาเคมี
3. ดำเนินตามแผน นักเรียนลงมือทำตามวิธีที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 โดยนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการ ทำการคำนวณหาค่าจากสมการและสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ
4. ตรวจสอบ นักเรียนเขียนแสดงว่าคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา โดยสำรวจความถูกต้องในกระบวนการแก้ปัญหา สำรวจความถูกต้องและสมเหตุผลของคำตอบ ซึ่งสามารถประเมินได้จากคะแนนในการตอบคำถามของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบอัตโนมัติ ตามแนวคิดของโพลยา
6. การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

บุญชมศรี สะอาด (2545) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถใช้เครื่องมือได้หลายประเภทสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมตามลักษณะข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. แบบทดสอบหรือชุดคำถาม เป็นการตอบคำถามได้หลายลักษณะอาจอยู่ในรูปของการเขียนตอบการพูด หรือการปฏิบัติ ที่สามารถสังเกตได้ว่าเป็นปริมาตรได้ ซึ่งแบบทดสอบ

สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ได้ แบ่งเป็น 2 ประเภทตามรูปแบบของคำถาม

1.1 แบบทดสอบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามและมีตัวเลือกให้เลือกคำตอบ สามารถแบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1.2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามแต่ไม่มีตัวเลือก ผู้ตอบต้องเขียนคำตอบเอง แบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบแบบตอบสั้น และแบบทดสอบอัตนัย

กระทรวงศึกษาธิการ (2539) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถใช้เครื่องมือและวิธีการวัดที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้

4 ประเภทดังนี้

1. การสังเกต การสังเกตการแก้ปัญหาของผู้เรียนมี 2 วิธี ดังนี้

1.1 การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลาที่คุณเรียนตอบคำถาม โดยพิจารณาว่าผู้เรียนมีการใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ครูผู้สอนต้องบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนต่อไป

1.2 การสังเกตแบบตั้งใจ ต้องทำแบบรายการพฤติกรรมและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัด

2. การประเมินตนเอง เป็นการให้ผู้เรียนได้ประเมินว่าตนเองมีพฤติกรรมในการแก้ปัญหาอย่างไร เมื่อพบปัญหา ใช้วิธีใดแก้ และในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นเองติดขัดที่ขั้นตอนใด การประเมินตนเองนี้จะสะท้อนให้เห็นการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3. แบบสำรวจรายการ เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของผู้เรียนเป็นแบบสำรวจที่สามารถใช้ในการประเมินการแสดงออกถึงพฤติกรรมของผู้เรียนในกระบวนการแก้ปัญหาหรือการแสดงออกของขั้นตอนการแก้ปัญหานั้น

4. แบบทดสอบข้อเขียน เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนว่าอย่างไรในการการปัญหาหนึ่ง ๆ โดยผู้เรียนอธิบายในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา และครูผู้สอนมีการกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงตอนสุดท้ายทำให้คะแนนขั้นตอนละก็คะแนน

พนารัตน์ วัดไทยสงค์ (2544) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ว่าใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ซึ่งข้อสอบเป็นแบบอัตนัยที่ได้มีการกำหนดในรูปแบบโจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางเทคนิคของโพลยาซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหา แล้วสามารถระบุโจทย์กำหนดอะไร และ โจทย์ต้องการทราบอะไร ทั้ง 2
2. ขั้นที่ 2 การวางแผนการแก้ปัญหา สามารถระบุวิธีใดที่ใช้ในการแก้ปัญหาและ จะเลือกวิธีใดในการแก้ปัญหา
3. ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน นักเรียนสามารถแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ใน ขั้นที่ 2 ได้
4. ขั้นที่ 4 การตรวจสอบ ตรวจสอบได้ว่าคำตอบและกระบวนการที่ได้มาซึ่งคำตอบ ที่ถูกต้องหรือไม่ ตลอดจนมีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหาก็ได้อีกหรือไม่

อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) ได้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางพีลิสส์โดยใช้แบบทดสอบ แบบอัตรัยในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางพีลิสส์ตามเทคนิคของโพลยา โดยใช้ แบบทดสอบกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอน การแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน คือ เข้าใจปัญหาวางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และตรวจสอบ

Polya (1973) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนและรายละเอียดปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	วิเคราะห์โจทย์ปัญหา หลังจากวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ แล้วจะต้องบอกได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ให้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ถูกต้อง เป็นวิธีที่สั้น ง่าย กระชับและตามความสามารถ
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	สามารถสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการ และทักษะการ คำนวณเพื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งคำตอบ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	พิจารณาความสมเหตุสมผล การสรุปความหมายของคำตอบ และ ตรวจสอบขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบ

ที่มา : จันทรขจร มะลิจันทร์ (2554)

มณีนีรัตน์ พันธุดา (2556) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถการโจทย์แก้ปัญหา
ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหา ของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	เกณฑ์การให้ คะแนน
ขั้นทำความเข้าใจ ปัญหา	1. นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้สิ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาและสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการได้ถูกต้อง	2
	2. นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ถูกต้อง และ/หรือสิ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาไม่ครบ และ/หรือระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการไม่ถูกต้อง	1
	3. นักเรียนมีร่องรอยการระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ สิ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการได้บ้างเล็กน้อยหรือไม่มีร่องรอยใดๆ	0
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	1. วางแผนได้ครบถ้วน ถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้	3
	2. การวางแผนมีความผิดพลาดบกพร่องเล็กน้อยถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้	2
	3. มีร่องรอยการวางแผนถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด หรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้บ้าง	1
	4. ไม่มีร่องรอยการวางแผนที่ครบถ้วนถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด หรือไม่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้	0
ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา	1. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และตอบปัญหาได้ตรงประเด็น	3
	2. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง หรือ ผิดพลาดเล็กน้อย และตอบปัญหาได้ตรงประเด็น	2
	3. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง บางส่วนมีความผิดพลาด หรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น	1

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้ปัญหา ของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	เกณฑ์การให้ คะแนน
	4. นักเรียนไม่แสดงวิธีการในการแก้ปัญหาหรือตอบปัญหาไม่ตรงประเด็น	0
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1. ตรวจสอบความถูกต้อง ของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ความเหมาะสมของตัวแบบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาและตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้องได้	2
	2. มีร่องรอยการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ความเหมาะสมของตัวแบบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาและตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้องบ้าง	1
	3. ไม่มีร่องรอยการตรวจสอบความถูกต้องใดๆ	0

ที่มา : มณีรัตน์ พันธดา (2556)

สุพรรณิ วรวิฒนเมธ (2557) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถการโจทย์แก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการ แก้ปัญหาของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	เกณฑ์การ ให้คะแนน
ขั้นทำความเข้าใจ ปัญหา	1. นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	2. นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้บางส่วนหรือไม่ชัดเจน	1
	3. นักเรียนไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้	0

ตาราง 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ แก้ปัญหาของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	เกณฑ์การ ให้คะแนน
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	1. นักเรียนระบุแนวความคิดการหาคำตอบได้ถูกต้องชัดเจน	2
	2. นักเรียนระบุแนวความคิดการหาคำตอบได้พอเข้าใจ	1
	3. นักเรียนระบุแนวความคิดการหาคำตอบผิดหรือไม่แสดงข้อความใดๆ	0
ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา	1. นักเรียนแสดงวิธีทำคำนวณหาคำตอบและเติมหน่วยกำกับได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	2. นักเรียนแสดงวิธีทำคำนวณหาคำตอบและเติมหน่วยกำกับผิดหรือขาดหายไปตัดตำแหน่งละ 1 คะแนน	1
	3. นักเรียนแสดงวิธีทำคำนวณหาคำตอบและเติมหน่วยกำกับผิดเกิน 3 ตำแหน่งหรือไม่แสดงข้อความใดๆ	0
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	1. นักเรียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง	2
	2. นักเรียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้บ้างแต่ไม่สมบูรณ์	1
	3. นักเรียนแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบผิดหรือไม่แสดงข้อความใดๆ	0

ที่มา : สุพรรณิ วรวัฒนเมธ (2557)

สรุปการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากการพิจารณาแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยหลายท่านสร้างขึ้นจะเห็นว่าเป็นแบบทดสอบอัตนัยโดยลักษณะการวัดเป็นแบบตามขั้นตอนการแก้ปัญหาสำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การแก้ปัญหามา เทคนิคของโพลยา ดังนั้นจึงสรุปลักษณะแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ตามเทคนิคของการแก้ปัญหามาของโพลยา ดำเนินการตามขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนต้องเขียนได้ว่า อะไรคือสิ่งที่โจทย์ถามหา โจทย์กำหนดอะไรมาให้
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนเขียนระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหา แก้อย่างไร ค้นหาความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ในโจทย์ปัญหา เพื่อไปหาคำตอบ

3. ขึ้นดำเนินการตามแผน นักเรียนลงมือทำตามวิธีที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 โดยนำสิ่งที่ โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการ ทำการคำนวณหาค่าจากสมการและสรุปคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ ต้องการ

4. ขึ้นตรวจสอบผล นักเรียนเขียนแสดงว่าคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา และมีความถูกต้องหรือไม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

สุพัฒตา โนทะนะ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยเสริมการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เรื่อง คลื่นเสียง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนานาชาติจังหวัดน่าน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มี ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ขึ้นไป 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการ ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรม การเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียนทั้งหมด 32 คนซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วย การสุ่มรายการจับฉลากจำนวน 1 ห้องจาก 3 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้โจทย์ปัญหาทางเทคนิคของโพลยา 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้โจทย์ปัญหาทางเทคนิคของโพลยา 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าคะแนนเฉลี่ย การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (T-test) ผลวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิค ของโพลยา มีประสิทธิภาพ 86.84/86.15 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 2) ผลการเปรียบเทียบ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียน โดยรวมมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

จามจุรี ทอนจันทร์ (2557) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ แก้ปัญหาของโพลยา ร่วมกับเทคนิค TAL เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนและหลัง 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์กับ เกณฑ์ร้อยละ 75 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 53 คน โรงเรียนสตรีศรีน่าน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 เครื่องมือที่ใช้ คือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบวัด

ความสามารถในการแก้ปัญหา แบบประเมินความพึงพอใจสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ยค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (T-test) ผลวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2)ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นฤมล ฉิมงาม (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหามาตรฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสายปัญญาในวังสิต การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหามาตรฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และการจัดการเรียนรู้ปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหามาตรฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ปกติ โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 88 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 44 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหามาตรฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น 2) แผนการจัดการเรียนรู้ปกติ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ยค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (T-test) ผลวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหามาตรฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และการจัดการเรียนรู้ปกติสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหามาตรฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อาชิ ตราแม (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมุสลิมพัฒนาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา กลุ่มศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้องเรียนรวม 30 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2)แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 3) แบบวัดความสามารถใน

การแก้โจทย์ปัญหา 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ 5) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน 6) แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย และ 7) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ หาค่าคะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที (T-test) ผลการวิจัยผลวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนฟิสิกส์หลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยระดับพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง 3) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาโดยรวมแล้วอยู่ในระดับมาก

พัทธนันท์ เจียเจริญ (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่นโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจ โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 1 ห้อง จำนวน 59 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่มโดยการจับฉลากเป็นห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีทั้งหมด 3 เครื่องมือ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 1 ชุดมี 30 ข้อเป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบชุดเดียวกันแต่สลับข้อ 3) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมี 3 ประเภท คือ 1) สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ค่า IOC ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น 3) สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อสรุปอ้างอิง ได้แก่ T-test แบบ Dependent Sample และ T-test for One Sample ผลวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก

วรัทยา มณีรัตน์ และปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการ

วิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีที่จัดการเรียนรู้ด้วยห้องเรียนกลับทาง 2) แบบวัดทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ 3) สื่อออนไลน์ Class Start.org ผลการศึกษา ผลวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.05$)

ทศวิทย์ เส้นเศษ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาการเข้าใจโน้มนัดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในวิชาฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับสโลเมชั่น การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายของการวิจัยคือ 1) เพื่อพัฒนาความเข้าใจโน้มนัดวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชานุมานวิทยาคม อำเภอชานุมาน จังหวัดอำนาจเจริญ ปีการศึกษา 2559 จำนวน 41 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับสโลเมชั่น จำนวน 8 แผน 16 ชั่งโมง 2) แบบทดสอบความเข้าใจเชิงมนัด และ 3) ความสามารถในการแก้โจทย์ผลวิจัยพบว่า 1) ดำเนินในวงปฏิบัติการทั้งหมด 4 วงจร มีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความเข้าใจมนัดผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 100 2) ดำเนินในวงปฏิบัติการทั้งหมด 3 วงจร มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด 41 คน

งานวิจัยต่างประเทศ

Bilgin (2006) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคการจับคู่ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาเคมี การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเทคนิคการจับคู่ร่วมกับการแก้ปัญหาของโพลยาที่มีต่อแนวคิดและอัลกอริทึมในวิชาเคมี กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 89 คน โดยกลุ่มทดลองทั้งหมด 44 คน ที่มีการจัดการเรียนรู้แบบใช้เทคนิคการจับคู่ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และกลุ่มควบคุมทั้งหมด 45 คน ที่มีการจัดการเรียนรู้แบบใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเพียงอย่างเดียว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเกี่ยวกับแนวคิดของวิชาเคมี 2) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเกี่ยวกับอัลกอริทึมในวิชาเคมี 2) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเกี่ยวกับการคิดแบบมีเหตุผลในวิชาเคมี สถิติที่ใช้วิเคราะห์ คือ ความแปรปรวน (ANCOVA) ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้เทคนิคการจับคู่ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเกี่ยวกับแนวคิด และอัลกอริทึมในวิชาเคมีแสดงให้เห็นว่านักศึกษาในกลุ่มทดลองมีผลสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทั้งในด้านแนวคิดและคำถามเกี่ยวกับอัลกอริทึมในวิชาเคมี

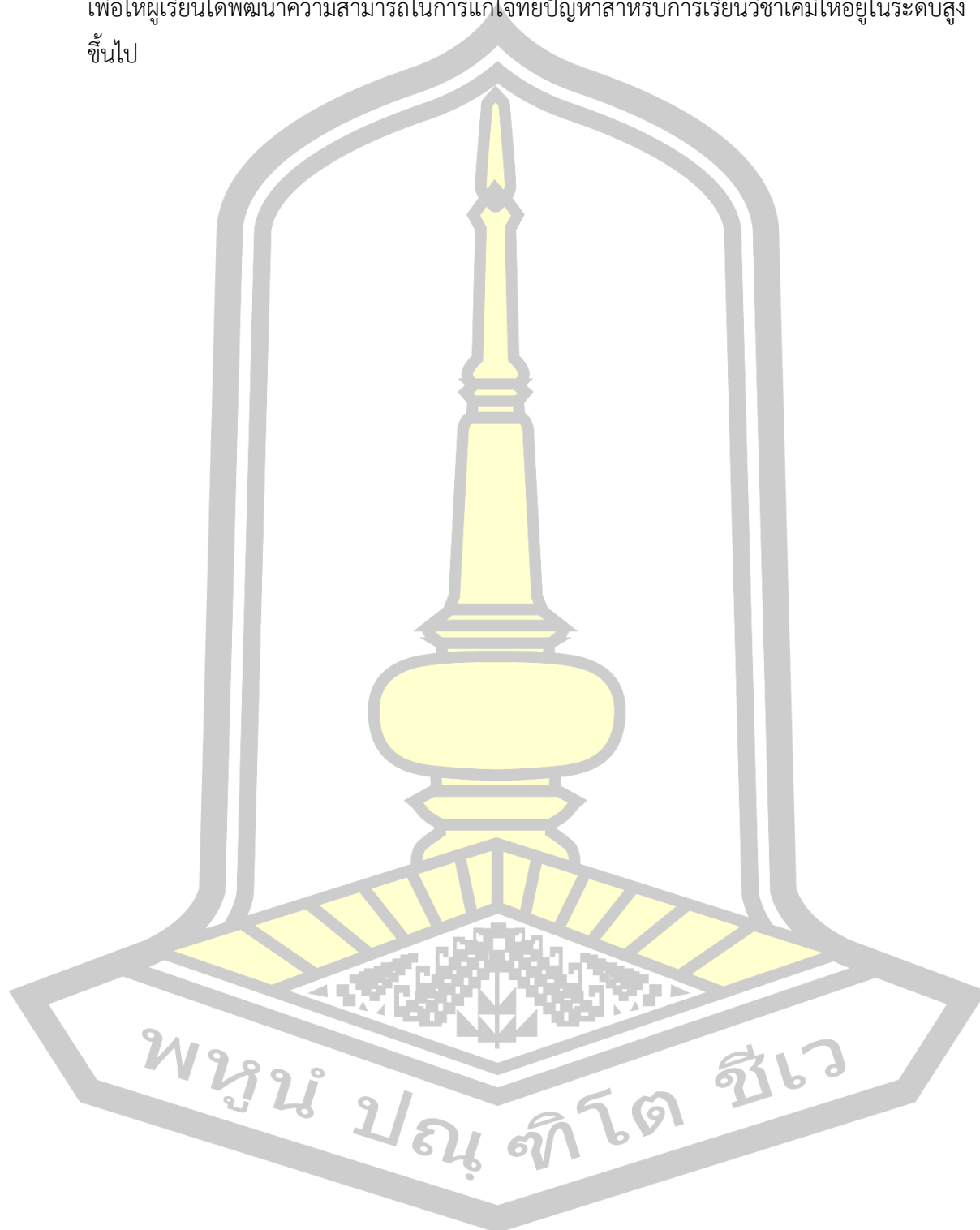
Samuel Onyinyechi Nneji (2013) ได้ศึกษาผลการใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทน เรื่อง พีชคณิต ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของแบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีทั้งหมด 8 กลุ่ม จำนวน 220 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม จำนวน 118 คน ที่รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา และกลุ่มควบคุม 4 กลุ่ม จำนวน 102 คน ที่มีการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 20 ข้อ แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ KR-20 ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน (ANCOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่ใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนสูงกว่า นักเรียนที่เรียนแบบบรรยาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Olanayan (2015) ได้ศึกษาผลการใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยาที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเรื่อง กระแสไฟฟ้า ในประเทศไนจีเรีย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลการใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยาที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ 2) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา กับแบบบรรยาย กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2 โรงเรียน รวมทั้งหมด 120 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบ เรื่อง กระแสไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน (ANCOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่ใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบรรยาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในนักเรียนเพศชาย จะมีความคงทนมากกว่านักเรียนหญิง

จากเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหานั้นจึงทำให้สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นกระบวนการแก้ปัญหาฝึกให้นักเรียนมีกระบวนการคิดที่เป็นระบบ คิดวิเคราะห์โดยค้นหาปัญหา มีการแยกสาเหตุหรือประเด็นของปัญหา ทำความเข้าใจกับปัญหา วางแผนแก้ปัญหา หาคำตอบของปัญหา นำเอาข้อมูลที่ได้หรือคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา และตรวจสอบความถูกต้อง แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบที่ได้ ทั้งของตนเองและผู้อื่น ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ทำให้มีความเข้าใจในแนวความคิดของวิชาเคมีทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของ

นักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสำหรับการเรียนวิชาเคมีให้อยู่ในระดับสูงขึ้นไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ที่ศึกษาและประเมินผลการวิจัยในเชิงคุณภาพ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ดังรายละเอียดในหัวข้อดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. วิธีดำเนินการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 38 คน โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม ที่ได้รับการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญห จำนวน 5 ข้อ คะแนนรวม 50 คะแนน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของ มณีรัตน์ พันธูตา (2556) ปรากฏดังตาราง 8

พูนุ พันธู ตีโต ชีเว

ตาราง 8 แสดงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

เลขที่	คะแนนรวม (50 คะแนน)	ร้อยละ	ผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70
1	24	48.00	ไม่ผ่าน
2	28	56.00	ไม่ผ่าน
3	35	70.00	ผ่าน
4	33	66.00	ไม่ผ่าน
5	34	68.00	ไม่ผ่าน
6	46	92.00	ผ่าน
7	21	42.00	ไม่ผ่าน
8	29	58.00	ไม่ผ่าน
9	20	40.00	ไม่ผ่าน
10	41	82.00	ผ่าน
11	42	84.00	ผ่าน
12	38	76.00	ผ่าน
13	17	34.00	ไม่ผ่าน
14	27	54.00	ไม่ผ่าน
15	26	52.00	ไม่ผ่าน
16	18	36.00	ไม่ผ่าน
17	42	84.00	ผ่าน
18	31	62.00	ไม่ผ่าน
19	26	52.00	ไม่ผ่าน
20	34	68.00	ไม่ผ่าน
21	32	64.00	ไม่ผ่าน
22	45	90.00	ผ่าน
23	27	54.00	ไม่ผ่าน
24	25	50.00	ไม่ผ่าน
25	26	52.00	ไม่ผ่าน

ตาราง 8 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนรวม (50 คะแนน)	ร้อยละ	ผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70
26	34	68.00	ไม่ผ่าน
27	30	60.00	ไม่ผ่าน
28	36	72.00	ผ่าน
29	21	42.00	ไม่ผ่าน
30	24	48.00	ไม่ผ่าน
31	42	84.00	ผ่าน
32	22	44.00	ไม่ผ่าน
33	22	44.00	ไม่ผ่าน
34	17	34.00	ไม่ผ่าน
35	38	76.00	ผ่าน
36	29	58.00	ไม่ผ่าน
37	23	46.00	ไม่ผ่าน
38	28	56.00	ไม่ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	29.82	59.63	-
S.D.	8.02	-	-
จำนวนที่ผ่าน		10	
ร้อยละ		26.32	
จำนวนที่ไม่ผ่าน		28	
ร้อยละ		73.68	

การทดสอบความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาที่ยึดตามหลักของโพลยา เรื่อง หน่วยการวัด เป็นเนื้อหาในการคำนวณเป็น การเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอ ซึ่งหน่วยในระบบเอสไอ มีความสัมพันธ์ในการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกิดขึ้นในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 29.82 คะแนน จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน โดยนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน และต่ำกว่าร้อยละ 70

จำนวน 28 คน เนื่องจากเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ในวิจัยครั้งนี้มีการเปลี่ยนแปลงจากเนื้อหาในแบบวัดที่นักเรียนทำในครั้งแรก ดังนั้นกลุ่มเป้าหมายที่ใช้คือ นักเรียนทั้งหมดจำนวน 38 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 4 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 12 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 2 ชุด เป็นแบบอัตนัยชุดละ 8 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วย 4 ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา คือ ขั้นตอนทำความเข้าใจปัญหา ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล
3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา หลังสิ้นสุดการปฏิบัติการในแต่ละวาระ
4. แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน เป็นแบบบันทึกที่นักเรียนได้บันทึกสิ่งที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ขั้นตอนดังนี้
 - 1.1 ศึกษาทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
 - 1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) และเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา
 - 1.3 ศึกษาเนื้อหาบทเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี และหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคม อำเภอเชียงใหม่ จังหวัดมหาสารคาม วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ

ของหน่วยการเรียนรู้ เพื่อแบ่งเนื้อหาและนำเนื้อหาออกมาออกแบบกิจกรรมภายในชั้นเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ให้ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด ปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สารสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้(5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมีที่ เกี่ยวข้องกับ มวลสารได้	1	ปริมาณ สัมพันธ์	กฎทรงมวล และกฎ สัดส่วนคงที่	การเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีต้องพิจารณาจากระบบ โดยกฎสัดส่วนคงที่ทำการศึกษเกี่ยวกับมวลของธาตุที่มารวมกันเป็นสารประกอบพบว่า เมื่อธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบ อัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบนั้นจะมีค่าคงที่เสมอ ส่วนกฎทรงมวลเป็นกฎที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลสารก่อนเกิดปฏิกิริยา พบว่าปฏิกิริยาเคมีใดๆมวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาเท่ากับมวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยา $A + B \longrightarrow C + D$ (มวล A)+(มวล B)=(มวล C)+(มวล D)	1. นักเรียนสามารถอธิบายกฎทรงมวลและกฎสัดส่วนคงที่ได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณมวลของสารผลิตภัณฑ์ได้จากปฏิกิริยา 3.นักเรียนทำงานเป็นระเบียบ	2

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมีที่ เกี่ยวข้องกับ ความเข้มข้น ของสารละลาย ได้	2	ปริมาณ สัมพันธ์	การคำนวณ สารที่ เกี่ยวข้องกับ ความเข้มข้น 1	<p>มวลของสารมีความสัมพันธ์ กับจำนวนโมลของสารใน สมการเคมี โดยใช้มวลต่อโม ลในการเปลี่ยนโมลให้เป็น มวลของสาร</p> $aA + bB \longrightarrow cC + dD$ <p>โดยมีวิธีคำนวณดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> จากความเข้มข้นในหน่วย โมลาริตีของสาร B เปลี่ยนเป็นจำนวนโมลได้ ดังนี้ จำนวนโมลของสาร B = $\frac{\text{mol ของสาร B}}{1000 \text{ mL ของสารละลาย B}} \times V \text{ ของสารละลาย}$ = โมลของสาร B $\times 10^{-3}$ จากสมการที่ดุลแล้ว a ,b ,c และ d เป็นตัวเลขระบุ จำนวนโมลของสารจะได้ ความสัมพันธ์ของสารดังนี้ $b \text{ mol B} = c \text{ mol C}$ หรือ $\frac{b \text{ mol B}}{c \text{ mol C}}$ จำนวนโมลของ C = $\text{mol B} \times \left(\frac{c \text{ mol C}}{b \text{ mol B}} \right)$ มวล C = จำนวนโมลของ สาร C $\times \left(\frac{\text{มวลของสาร C (g)}}{1 \text{ mol ของสาร C}} \right)$ 	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียน สามารถบอก ขั้นตอนการหา มวลของสาร เมื่อทราบ ปริมาณของ สารอื่นใน ปฏิกิริยาเคมี ได้ นักเรียน สามารถ คำนวณหา มวลของสาร เมื่อทราบ ปริมาณของ สารอื่นใน ปฏิกิริยาเคมี ได้ นักเรียน ตั้งใจเรียนรู้ 	1

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมีที่ เกี่ยวข้องกับ ความเข้มข้น ของสารละลาย ได้	3	ปริมาณ สัมพันธ์	การคำนวณ สารที่ เกี่ยวข้องกับ ความเข้มข้น 2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ สารในปฏิกิริยาเคมีมี ความสัมพันธ์กันตามเลข สัมประสิทธิ์ในสมการเคมี ซึ่งบอกถึงสัดส่วนโดยโม ลของสารในปฏิกิริยา สามารถนำมาใช้ในการ คำนวณปริมาณของสารที่ เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น ของสารละลาย $aA + bB \longrightarrow cC + dD$ โดยมีวิธีคำนวณดังนี้ 1. จากความเข้มข้นในหน่วย โมลาริตีของสาร A ทำ ปฏิกิริยาสมมูลกับสาร B ที่ ทราบปริมาตรที่แน่นอน สามารถของความเข้มข้น ของสาร B ได้ดังนี้ 1. จำนวนโมลของสาร A = $\frac{\text{mol ของสาร A}}{1000 \text{ mL ของสารละลาย A}} \times V$ ของสารละลาย = โมลของสาร A $\times 10^{-3}$ 2. จำนวนโมลของ B = $\text{mol A} \times \left(\frac{b \text{ mol B}}{a \text{ mol A}} \right)$ 3. ความเข้มข้นของ B (โมลาริตี) = $\frac{\text{จำนวนโมลของสาร B}}{\text{ปริมาตรของสาร B (mL)}} \times 1000 \text{ mL}$ 1.	1. นักเรียน สามารถบอก ขั้นตอนการหา ความเข้มข้น ของ สารละลาย เมื่อทราบ ปริมาณของ สารอื่นใน ปฏิกิริยาเคมี ได้ 2. นักเรียน สามารถ คำนวณหา ความเข้มข้น ของ สารละลาย เมื่อทราบ ปริมาณของ สารอื่นใน ปฏิกิริยาเคมี ได้ 3. นักเรียนมี ความตั้งใจ ทำงาน	1

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมีที่ เกี่ยวข้องกับ ปริมาตรแก๊สได้	4	ปริมาณ สัมพันธ์	ปริมาตร ของแก๊สใน ปฏิกิริยาเคมี 1	กฎของเกย์-ลูสแซก คือ ที่ อุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของสารตั้งต้นและ ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊ส สามารถ แสดงด้วยอัตราส่วนของ ตัวเลขจำนวนเต็มที่มีค่าน้อย การหาสูตรโมเลกุลเมื่อบอก ปริมาตรแก๊สจะหา อัตราส่วนโดยโมลของแก๊สที่ ทำปฏิกิริยาพอดิกันและแก๊ส ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาโดยวิธี คำนวณดังนี้ 1.หาปริมาตรของแก๊สที่ STP 2.หาอัตราส่วนโดยปริมาตร อย่างต่ำ 3.อัตราส่วนโดยปริมาตร = อัตราส่วนโดยโมล 4.สูตรโมเลกุล	1. นักเรียน อธิบาย ขั้นตอนการหา สูตรโมเลกุลได้ 2. นักเรียน สามารถ คำนวณหา สูตรโมเลกุลได้ 3.นักเรียนมี ส่วนร่วมใน การทำงาน	2
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมีที่ เกี่ยวข้องกับ ปริมาตรแก๊สได้	5	ปริมาณ สัมพันธ์	ปริมาตรของ แก๊สใน ปฏิกิริยาเคมี 2	กฎของอาโวกาโดร คือ ที่ อุณหภูมิและความดันของ แก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊ส จะแปรผันตรงกับจำนวนโม ลของแก๊ส $V_1/n_1 = V_2/n_2$	1. นักเรียน อธิบายกฎของ อาโวกาโดรได้ 2. นักเรียน สามารถ คำนวณหา ปริมาตรของ สาร(แก๊ส)ใน ปฏิกิริยาได้ 3. นักเรียน ตรงต่อเวลา	1

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)										
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมีที่ เกี่ยวข้องกับ ปริมาตรแก๊สได้	6	ปริมาณ สัมพันธ์	ปริมาตรของ แก๊สในปฏิกิริยา เคมี 3	<p>ปริมาณของสารต่าง ๆ ใน ปฏิกิริยาเคมี เมื่อทราบ สมการเคมี ทำให้สามารถ คำนวณหาปริมาณของสาร ในหน่วยต่าง ๆ ได้</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>$aA + bB \rightarrow cC + dD$</td> </tr> <tr> <td>จำนวน โมล</td> <td>a b c d</td> </tr> <tr> <td>มวล (g)</td> <td>โมล x มวลโมเลกุลของ สาร</td> </tr> <tr> <td>ปริมาตร ที่ STP (L)</td> <td>จำนวนโมลของสาร X $\left(\frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}\right)$</td> </tr> <tr> <td>จำนวน อนุภาค</td> <td>จำนวนโมลของสาร X $\left(\frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}}\right)$</td> </tr> </table>		$aA + bB \rightarrow cC + dD$	จำนวน โมล	a b c d	มวล (g)	โมล x มวลโมเลกุลของ สาร	ปริมาตร ที่ STP (L)	จำนวนโมลของสาร X $\left(\frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}\right)$	จำนวน อนุภาค	จำนวนโมลของสาร X $\left(\frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}}\right)$	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียน สามารถบอกวิธี หาปริมาตรที่ STP ได้จาก สมการเคมีได้ นักเรียน สามารถ คำนวณหา ปริมาตรแก๊สที่ STP ได้จาก ความสัมพันธ์ ระหว่างโมล และมวล นักเรียน ทำงานตรงเวลา 	1
	$aA + bB \rightarrow cC + dD$															
จำนวน โมล	a b c d															
มวล (g)	โมล x มวลโมเลกุลของ สาร															
ปริมาตร ที่ STP (L)	จำนวนโมลของสาร X $\left(\frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}\right)$															
จำนวน อนุภาค	จำนวนโมลของสาร X $\left(\frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}}\right)$															
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นตอนได้	7	ปริมาณ สัมพันธ์	การคำนวณ ปริมาณสารใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้น 1	<p>ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดมีหลาย ขั้น ทำให้มีสมการเคมีที่ เกี่ยวข้องหลายสมการ วิธี คำนวณหาจำนวนโมลของ สมการรวมทำได้ดังนี้</p> <p>$aA + bB \rightarrow cC$ สมการที่ 1 $dD + eE \rightarrow hH$ สมการที่ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> หาสารตัวร่วมของ 2 สมการ ทำให้จำนวนโมลของ ตัวร่วมสมการที่ 1 เท่ากับ สมการที่ 2 รวมทั้ง 2 สมการ อาศัยความสัมพันธ์ของ จำนวนโมลในสมการนำมาหา 	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียน สามารถหา ปฏิกิริยารวมได้ นักเรียน สามารถ คำนวณหา ปริมาตรของ สารได้จาก สมการรวมใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้น นักเรียนตั้งใจ ทำงาน 	2										

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				จำนวนโมลของสารที่ต้องการ ทราบค่า 5. ปริมาตร (L)= จำนวนโมล (mol) x $\left(\frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}\right)$		
คำนวณปริมาณ ของสารใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นตอนได้	8	ปริมาณ สัมพันธ์	การคำนวณ ปริมาณสารใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้น 2	<p>ในปฏิกิริยาเคมีเมื่อทราบ ปริมาณของสารใดสารหนึ่ง จะสามารถหาปริมาณของ สารในอีกสมการหนึ่งได้ โดย วิธีคำนวณหาปริมาณทำได้ ดังนี้</p> <p>$aA + bB \rightarrow hH$ สมการที่ 1 $eH \rightarrow cC + dD$ สมการที่ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> หาสารตัวร่วมของ 2 สมการ ทำให้จำนวนโมลของสาร ตัวร่วมสมการที่ 1 เท่ากับ สมการที่ 2 รวมทั้ง 2 สมการ อาศัยความสัมพันธ์ของ จำนวนโมลในสมการนำมา หาจำนวนโมลของสารที่ ต้องการทราบค่า สามารถ หาได้ดังนี้ <p>จำนวนโมลของ C = จำนวนโมลของสาร C $\times \left(\frac{1 \text{ mol ของสาร C}}{\text{มวลของสาร C (g)}}\right)$</p> <p>5. จำนวนโมลของ A = $\text{mol C} \times \left(\frac{a \text{ mol A}}{c \text{ mol C}}\right)$</p>	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียน อธิบาย ขั้นตอนการหา มวลของสาร ตั้งต้นใน สมการรวมใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นได้ นักเรียน สามารถ คำนวณหา มวลของสาร ตั้งต้นใน สมการรวมใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นได้ นักเรียนมี ส่วนร่วมใน การทำ กิจกรรม 	1

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				6. มวล A = จำนวนโมลของ สารA $\times \left(\frac{\text{มวลของสาร A (g)}}{1 \text{ mol ของสาร A}} \right)$		
คำนวณ ปริมาณของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นตอน ได้	9	ปริมาณ สัมพันธ์	การคำนวณ ปริมาณสารใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้น 3	<p>ในปฏิกิริยาเคมีเมื่อทราบ ปริมาณของสารใดสารหนึ่ง จะสามารถหาปริมาณของ สารในอีกสมการหนึ่งได้ โดย วิธีคำนวณหาปริมาณทำได้ ดังนี้</p> <p>$aA + bB \rightarrow hH$ สมการที่ 1 $eH \rightarrow cC + dD$ สมการที่ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> หาสารตัวร่วมของ 2 สมการ ทำให้จำนวนโมลของสาร ตัวร่วมสมการที่1เท่ากับ สมการที่ 2 รวมทั้ง 2 สมการ อาศัยความสัมพันธ์ของ จำนวนโมลในสมการนำมา หาจำนวนโมลของสารที่ ต้องการทราบค่า สามารถ หาได้ดังนี้ <p>จำนวนโมลของ B = จำนวนโมลของสาร B $\times \left(\frac{1 \text{ mol ของสาร B}}{\text{มวลของสาร B (g)}} \right)$</p> <p>5. จำนวนโมลของ C = $\text{mol B} \times \left(\frac{c \text{ mol C}}{b \text{ mol B}} \right)$</p> <p>6. มวล C = จำนวนโมลของ สารC $\times \left(\frac{\text{มวลของสาร C (g)}}{1 \text{ mol ของสาร C}} \right)$</p>	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียน อธิบายวิธีหา มวลของสาร ผลิตภัณฑ์ใน สมการรวมใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นได้ นักเรียน สามารถ คำนวณหามวล ของสาร ผลิตภัณฑ์ใน สมการรวมใน ปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นได้ นักเรียนส่ง งานตรงเวลา 	1

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
ระบุสารกำหนด ปริมาณและ คำนวณปริมาณ สารต่าง ๆ ใน ปฏิกิริยาเคมีได้	10	ปริมาณ สัมพันธ์	สารกำหนด ปริมาณ 1	<p>สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารตัวอื่น ในการเกิดผลิตภัณฑ์ มีวิธีคำนวณดังนี้</p> $aA + bB \rightarrow cC$ <ol style="list-style-type: none"> เขียนตารางการเริ่มต้นของสารแต่ละตัวของสารกำหนดปริมาณ โดยอาศัยความสัมพันธ์ของจำนวนในสมการ จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้ $a \text{ mol A} = b \text{ mol B} \text{ หรือ } \frac{a \text{ mol A}}{b \text{ mol B}} = \frac{b \text{ mol B}}{a \text{ mol A}}$ <p>ถ้า A มี $z \text{ mol}$ และ B มี $y \text{ mol}$</p> <ol style="list-style-type: none"> จากปริมาณของสาร A จะสัมพันธ์กับสาร B = $z \text{ mol A} \times \left(\frac{b \text{ mol B}}{a \text{ mol A}}\right) = \left(\frac{z \times b}{a} \text{ mol B}\right)$ $\left(\frac{z \times b}{a} \text{ mol B}\right) > y \text{ mol B}$ แสดงว่า สาร B เป็นสารกำหนดปริมาณ ถ้า $\left(\frac{z \times b}{a} \text{ mol B}\right) < y \text{ mol B}$ แสดงว่า สาร B ไม่ใช่เป็นสารกำหนดปริมาณ 	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสารกำหนดปริมาณได้ นักเรียนสามารถคำนวณหาสารกำหนดปริมาณได้ นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบ 	1

ตาราง 9 (ต่อ)

ผล การเรียนรู้	แผนการ จัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
ระบุสาร กำหนด ปริมาณและ จำนวน ปริมาณสาร ต่าง ๆ ใน ปฏิกิริยาเคมี ได้	11	ปริมาณ สัมพันธ์	สารกำหนด ปริมาณ 2	<p>ในปฏิกิริยาเคมี ต้องมีสารกำหนดปริมาณ โดยการคำนวณหาโมลของสารตั้งต้นที่จะทำให้ปฏิกิริยาพอดีกัน เมื่อทราบสารกำหนดปฏิกิริยาสามารถคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้ มีวิธีคำนวณดังนี้</p> $aA + bB \rightarrow cC$ <p>ถ้า A มี z mol และ B มี y mol</p> <p>2. หาสารกำหนดปริมาณ โดยอาศัยความสัมพันธ์ของจำนวนในสมการ จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้</p> $a \text{ mol A} = b \text{ mol B} \text{ หรือ } \frac{a \text{ mol A}}{b \text{ mol B}} = \frac{b \text{ mol B}}{a \text{ mol A}}$ <p>ถ้า A มี z mol และ B มี y mol</p> <p>3. จากปริมาณของสาร B จะสัมพันธ์กับสาร A =</p> $y \text{ mol B} \times \left(\frac{a \text{ mol A}}{b \text{ mol B}} \right) = \left(\frac{y \times a}{b} \text{ mol A} \right)$ <p>4. z mol A -</p> $\left(\frac{y \times a}{b} \text{ mol A} \right) = \text{จำนวนโมลของสาร A ที่เหลือ โดยทั้งนี้ต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ แต่ถ้าได้ค่าเป็นลบ แสดงว่า สาร A ที่กำหนดให้จะหมดก่อน}$	<p>1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้</p> <p>3. นักเรียนตั้งใจเรียน</p>	2

ตาราง 9 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
ระบุสารกำหนดปริมาณและคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมีได้	12	ปริมาณสัมพันธ์	สารกำหนดปริมาณ 3	<p>ในปฏิกิริยาเคมี เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณ และจำนวนโมลของสารที่เหลือได้ สามารถคำนวณหาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้ มีวิธีคำนวณดังนี้</p> $aA + bB \rightarrow cC$ <p>ถ้า A เป็นสารกำหนดปริมาณ มี z mol</p> <ol style="list-style-type: none"> จำนวนโมลของสาร C = z mol A $\times \left(\frac{c \text{ mol C}}{a \text{ mol A}} \right)$ มวล C = จำนวนโมลของสาร C $\times \left(\frac{\text{มวลของสาร C (g)}}{1 \text{ mol ของสาร C}} \right)$ 	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนอธิบายวิธีหามวลผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณ นักเรียนสามารถคำนวณหาบอกมวลผลิตภัณฑ์ได้เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณ นักเรียนตั้งใจทำงาน 	1
รวมเวลา						16

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา จำนวน 12 แผนการเรียนรู้ ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.4.1 ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้

1.4.2 ผลการเรียนรู้

1.4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4 สาระการเรียนรู้

1.4.5 กิจกรรม/กระบวนการเรียนรู้

1.4.6 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1.4.7 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.8 เอกสารอ้างอิง

1.4.9 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเป็นไปได้และการนำไปใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.6 นำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับแก้ไขในแผนที่ 1-6 เรื่องด้านกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสนใจ และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่ยังไม่ชัดเจน ในแผนที่ 7-12 เรื่องด้านสาระสำคัญให้ลงรายละเอียดมากขึ้น และปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำ อาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยมีผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1.7.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชูกำแพง กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนา หลักสูตร) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

1.7.2 อาจารย์ ดร.กันยรัตน์ สอนสุภาพ Ph.D. (Education) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

1.7.3 อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. (การวัดและประเมินผล การศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล การศึกษา

1.7.4 รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ สีหานาม ปร.ด. (เคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

1.7.5 นางกิตติมา ยีวน วท.บ. (เคมี) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

1.8 นำการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 3.51-5.00 ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรายแผนของแผนการเรียนรู้แบบ สืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยาอยู่ระหว่าง 3.82-4.32 และค่าเฉลี่ยรวม

ทุกแผนมีค่าเท่ากับ 4.03 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่า แผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยามีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ภาคผนวก ค)

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ปรับแก้ไขในแผนที่ 1-6 เรื่องด้านกิจกรรมให้มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนให้มากขึ้น ในแผนที่ 7-12 เรื่องด้านกิจกรรมให้เพิ่มการทดลองในห้องปฏิบัติการมากขึ้น และความเหมาะสมของสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเจอได้ง่ายในชีวิตประจำวัน

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการสร้างข้อสอบ

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบและกำหนดจำนวนข้อสอบ ปรากฏดังตาราง 10 และตาราง 11

ตาราง 10 การกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้
 วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
1. กฎทรงมวลและกฎสัดส่วนคงที่	นักเรียนสามารถคำนวณมวลของสารผลิตภัณฑ์ได้จากปฏิกิริยา	3	2
2. การคำนวณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น 1	นักเรียนสามารถคำนวณหามวลของสาร เมื่อทราบปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้	3	2
3. การคำนวณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น 2	นักเรียนสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย เมื่อทราบปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้		

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวน ข้อสอบที่ ออก	จำนวน ข้อสอบที่ใช้ จริง
4. ปริมาตรของแก๊ส ในปฏิกิริยาเคมี 1	นักเรียนสามารถคำนวณหาสูตรโมเลกุลได้	6	4
5. ปริมาตรของแก๊ส ในปฏิกิริยาเคมี 2	นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาตรของแก๊สใน ปฏิกิริยาได้		
6. ปริมาตรของแก๊ส ในปฏิกิริยาเคมี 3	นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาตรแก๊สที่ STP ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างโมลและมวล		
รวม		12	8

ตาราง 11 การกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้
 วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการ
 แก้ปัญหาของโพลยา

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวน ข้อสอบที่ ออก	จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง
7. การคำนวณปริมาณสาร ในปฏิกิริยาเคมีหลายชั้น 1	นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณของ สารได้จากสมการรวมในปฏิกิริยาเคมี หลายชั้น	6	4
8. การคำนวณปริมาณสาร ในปฏิกิริยาเคมีหลายชั้น 2	นักเรียนสามารถคำนวณหามวลของสาร ตั้งต้นในสมการรวมในปฏิกิริยาเคมีหลาย ชั้นได้		
9. การคำนวณปริมาณสาร ในปฏิกิริยาเคมีหลายชั้น 3	นักเรียนสามารถคำนวณหามวลของสาร ผลิตภัณฑ์ในสมการรวมในปฏิกิริยาเคมี หลายชั้นได้		

ตาราง 11 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวน ข้อสอบที่ ออก	จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง
10. สาระกำหนดปริมาณ 1	นักเรียนสามารถคำนวณหาสารกำหนดปริมาณได้	6	4
11. สาระกำหนดปริมาณ 2	นักเรียนสามารถคำนวณหาจำนวนโมลของสารได้		
12. สาระกำหนดปริมาณ 3	นักเรียนสามารถคำนวณหาบอกมวลผลิตภัณฑ์ได้เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณ		
รวม		12	8

2.4 สร้างแบบวัดตามนิยามเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยสร้างแบบวัดเป็นแบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความเป็นไปได้

2.6 นำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษา โดยปรับด้านเนื้อหาในข้อสอบให้มีความถูกต้องตรงตามสาระสำคัญ ความเหมาะสมด้านคำถามโดยลดระดับความซับซ้อนของคำถาม

2.7 นำแบบวัดพร้อมแบบประเมิน เสนอผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ดังนี้

2.7.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชูกำแหง กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2.7.2 อาจารย์ ดร.กันยรัตน์ สอนสุภาพ Ph.D. (Education) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2.7.3 อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

2.7.4 รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ สีหนาม พร.ต. (เคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

2.7.5 นางกิตติมา ยีวน วท.บ. (เคมี) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้นไป มีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

2.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของข้อสอบกับพฤติกรรมที่ชี้วัดถึงการแก้โจทย์ปัญหาเคมี คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ซึ่งผลการพิจารณา พบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 1 ในทุกข้อ

2.9 นำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ปรับความเหมาะสมของคำถามโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย สั้น และกระชับมากขึ้น

2.10 นำข้อสอบที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาพิมพ์เป็นแบบวัด แล้วนำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม จำนวน 38 คน ที่มีความใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย

2.11 นำผลการสอบมาหาคุณภาพของแบบวัด โดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.51-0.75 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.35-0.98 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.48-0.78 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.78

2.12 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 8 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีของครอนบัก ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) (สิรินธร สินจินดาวงศ์, 2547) พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.98 และ วงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.99

2.13 นำแบบวัดมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. แบบสัมภาษณ์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์

3.2 ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์

3.3 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสัมภาษณ์ คือ ข้อมูลความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

3.4 สร้างแบบสัมภาษณ์มีลักษณะเป็นแบบกึ่งโครงสร้างโดยกำหนดแนวคำถามที่เกี่ยวข้องกับความคิดเห็นของนักเรียนต่อขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ไว้ล่วงหน้า โดยประเด็นในการสัมภาษณ์ดังปรากฏในตาราง 12

ตาราง 12 ประเด็นในการสัมภาษณ์ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน

ประเด็น	คำถาม
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	นักเรียนสามารถบอกได้ว่าจากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาต้องการให้หาสิ่งใดได้หรือไม่ อย่างไร
	จากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหานักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาได้หรือไม่ อย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถเขียนวิธีการทางเคมี ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร
	นักเรียนสามารถเขียนสูตรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ได้หรือไม่ อย่างไร
ขั้นดำเนินการตามแผน	นักเรียนสามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้ได้หรือไม่ อย่างไร
	นักเรียนสามารถแทนค่าที่ถูกกำหนดไว้ลงในสมการเพื่อหาคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร
	นักเรียนสามารถคำนวณค่าจากสมการได้ถูกต้องหรือไม่ อย่างไร
	นักเรียนสามารถหาคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องตามลักษณะของโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งระบุหน่วยของคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร
ขั้นตรวจสอบผล	นักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบและวิธีการที่ให้ได้หรือไม่ อย่างไร
วิธีการจัดการเรียนรู้	นักเรียนคิดว่าปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนวิชาเคมีที่พบคืออะไร และคิดว่าแนวทางแก้ไขต้องทำอย่างไร
	นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรปรับปรุงหรือพัฒนาในส่วนใดบ้าง

3.5 นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ให้ปรับแก้ลักษณะคำถามให้มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

3.6 นำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับแก้ไขในข้อคำถามในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยาให้ครบทั้ง 4 ขั้นตอน

3.7 นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนที่ปรับปรุงตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นกับข้อคำถาม โดยมีผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

3.7.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชูกำแพง กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3.7.2 อาจารย์ ดร.กัญยรัตน์ สอนสุภาพ Ph.D. (Education) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3.7.3 อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

3.7.4 รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ สีหานาม ปร.ด. (เคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

3.7.5 นางกิตติมา ยีวน วท.บ. (เคมี) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ปรับแก้ลักษณะของคำถามให้มีความเข้าใจง่ายซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของประเด็นกับข้อคำถาม คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ซึ่งผลการพิจารณา พบว่าพบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 1 ในทุกข้อ

3.9 นำแบบสัมภาษณ์มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับปรุงข้อคำถามให้ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และเป็นคำถามในลักษณะที่ไม่เป็นทางการ

3.10 นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

4. แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาหลักการสร้างแบบบันทึกอนุทินของนักเรียน

4.2 กำหนดจุดมุ่งหมายในการบันทึกอนุทินของนักเรียน คือ นักเรียนเขียนแสดงความรู้สึก ความคิดเห็นส่วนตัว สิ่งที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

4.3 สร้างแบบบันทึกอนุทินของนักเรียนโดยมีประเด็นในการบันทึกดังต่อไปนี้

4.3.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และคิดต่อเรื่องนั้นอย่างไร

4.3.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมที่ได้เรียนรู้

4.3.3 ความคิดเห็นในขั้นทำความเข้าใจปัญหา

4.3.4 ความคิดเห็นในขั้นทำวางแผนแก้ปัญหา

4.3.5 ความคิดเห็นในขั้นดำเนินการตามแผน

4.3.6 ความคิดเห็นในขั้นตรวจสอบผล

4.4 นำแบบบันทึกอนุทินของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของประเด็นในการบันทึก โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้แนะนำให้ปรับแก้โดยให้เพิ่มความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมที่ได้เรียนรู้

4.5 ปรับปรุงประเด็นในการบันทึกตามข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาคือ เพิ่มความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมที่ได้เรียนรู้

4.6 นำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและดำเนินงานตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 2 วงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

1. วิเคราะห์สภาพปัญหาการเรียนการสอนในราย วิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โดย ครูผู้สอน ฝ่ายวิชาการ และจากประสบการณ์ในการสอนของผู้วิจัย

ซึ่งในวงจรถับปฏิบัติที่ 2 ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติ ในวงจรถับปฏิบัติที่ 1 มาปรับปรุงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรถับปฏิบัติที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
3. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไข้ปัญหาในการวิจัย
4. ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ (บันทึกหลังสอน) แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน
5. นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบ ความถูกต้องของเนื้อหา
6. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ ตามที่ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำ
7. จัดพิมพ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ซึ่งในวงจรถับปฏิบัติที่ 2 ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติ ในวงจรถับปฏิบัติที่ 1 มาปรับปรุงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรถับปฏิบัติที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยเปลี่ยนจากใบงานกลุ่มเป็นใบงานคู่และมีข้อคำถามน้อยลงเพื่อให้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเพียงพอในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา ครูผู้สอนอธิบายการวางแผนแก้โจทย์เป็นแผนภาพหรือตาราง มีการยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนสังเกตในการวางแผนแก้โจทย์และการตรวจสอบคำตอบที่ได้มา ฝึกตรวจสอบคำตอบจากโจทย์ง่ายไปยาก และให้นักเรียนฝึกทำโจทย์ที่มีความคล้ายกัน ให้สมาชิกทุกคนออกมานำเสนอแนวคิดร่วมกันของแต่ละกลุ่มเพื่อให้นักเรียนสรุปแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง ครูผู้สอนนัดเวลานักเรียนเพิ่มเติมในการฝึกทักษะด้านการคำนวณ

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรถับปฏิบัติที่ 2 วงจร จำนวน 12 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่ใช้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยาที่พัฒนาขึ้น ปรากฏดังตาราง 13

ตาราง 13 การจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจร ปฏิบัติการ	เรื่อง	วันที่ใช้	เวลา (ชม.)
1	กฎทรงมวลและกฎสัดส่วน	4 กุมภาพันธ์ 2562	2
	การคำนวณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น 1	6 กุมภาพันธ์ 2562	1
	การคำนวณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น 2	8 กุมภาพันธ์ 2562	1
	ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี 1	11 กุมภาพันธ์ 2562	2
	ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี 2	13 กุมภาพันธ์ 2562	1
	ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี 3	15 กุมภาพันธ์ 2562	1
2	การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้น 1	25 กุมภาพันธ์ 2562	2
	การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้น 2	27 กุมภาพันธ์ 2562	1
	การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้น 3	1 มีนาคม 2562	1
	สารกำหนดปริมาณ 1	6 มีนาคม 2562	1
	สารกำหนดปริมาณ 2	11 มีนาคม 2562	2
	สารกำหนดปริมาณ 3	13 มีนาคม 2562	1
	รวม		16

ชั้นที่ 3 ชั้นสังเกต

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่บ่งชี้ถึงการมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี โดยอาศัยเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน

ชั้นที่ 4 ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

เป็นการประเมินผลหรือตรวจสอบกระบวนการวิจัยที่ดำเนินการมาว่าประสบความสำเร็จหรือเกิดปัญหา อุปสรรคใดที่เป็นข้อจำกัดต่อการดำเนินการครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบถึงปัญหา อุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นในทุกแง่ทุกมุม เพื่อให้ได้แนวทางการพัฒนา ปรับปรุง และวางแผนการปฏิบัติในครั้งต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามองค์ประกอบ ดังนี้

1. การวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา โดยการวิเคราะห์จากแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจรปฏิบัติการ แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้และแบบบันทึกอนุทินของนักเรียนในทุกแผนการเรียนรู้

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา โดยการใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ One Sample T-test และสถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรง ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก ค่าความเชื่อมั่น

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ p แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการศึกษหาร้อยละ

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของความถี่ของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมกำลังสองของคะแนน
	$(\sum x)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด ยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด

1.4 One Sample T-test (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2553)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ	t	แทน	การทดสอบค่า T-test
	\bar{x}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	ค่าเฉลี่ยของประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

2. สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาความเที่ยงตรง โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์
-------	-----	-----	---

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้สูตร D.R Whitney and D.L Sabers
 (สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์, 2547)

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ D แทน อำนาจจำแนก
 S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
 X_{\max} แทน คะแนนสูงสุด
 X_{\min} แทน คะแนนอ่อนสุด

2.3 ค่าความยาก (P) โดยใช้สูตร D.R Whitney and D.L Sabers
 (สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์, 2547)

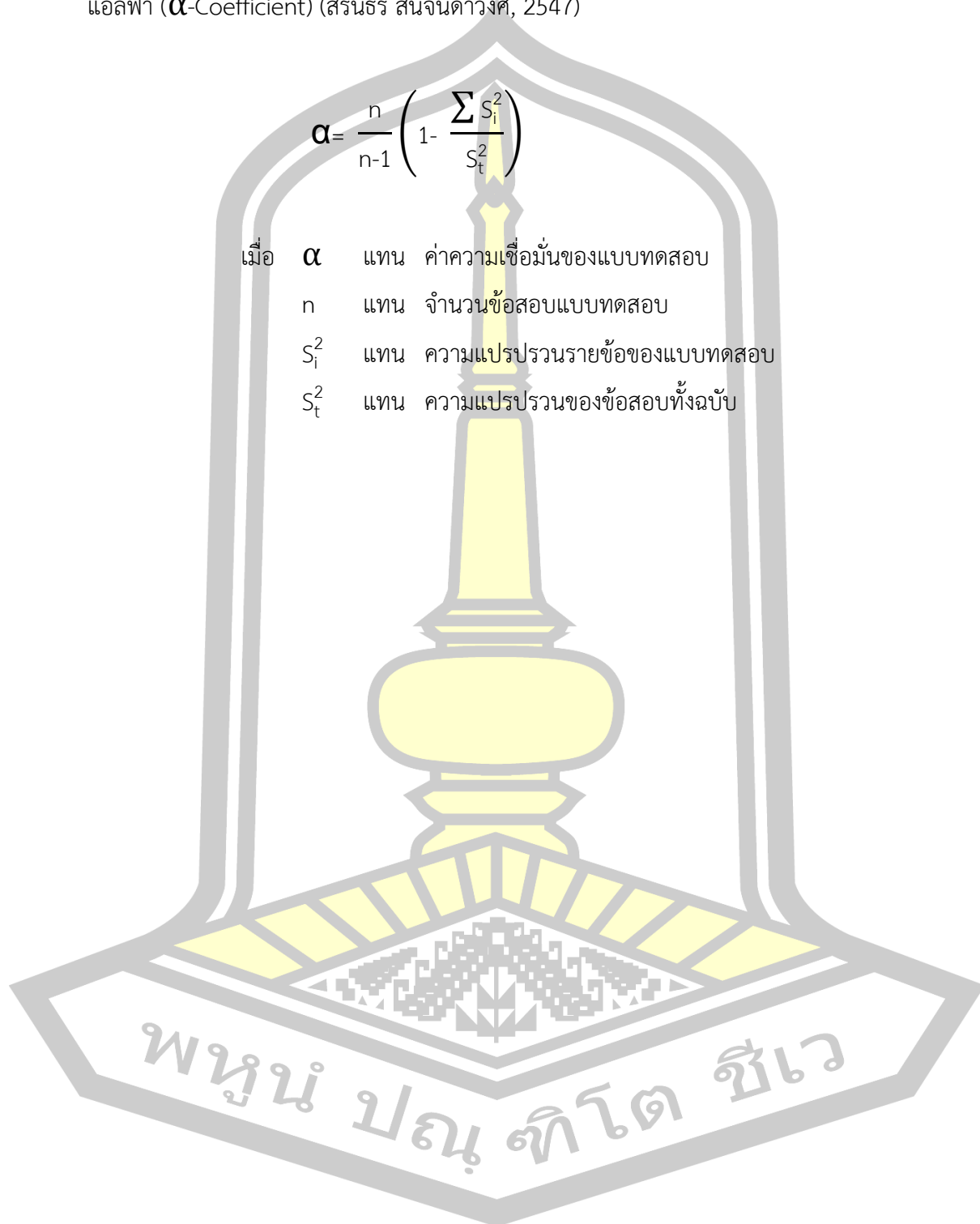
$$P = \frac{S_U + S_L - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยาก
 S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
 X_{\max} แทน คะแนนสูงสุด
 X_{\min} แทน คะแนนอ่อนสุด

2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ใช้โดยวิธีของ ครอนบัก ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) (สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์, 2547)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อสอบแบบทดสอบ
 S_i^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อของแบบทดสอบ
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ตลอดจนการสื่อความหมายข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ t-test
df	แทน	ชั้นของความอิสระ
P-value	แทน	ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 2 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีหลังจากรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนทั้งหมด 38 คน ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี 5 ข้อ คะแนนเต็มข้อละ 10 คะแนน ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีวงจรปฏิบัติการละ 8 ข้อ คะแนนเต็มข้อละ 19 คะแนน

การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สถิติทดสอบที (One Sample T-test) แสดงดัง ปรากฏดังตาราง 14

ตาราง 14 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนโดยใช้สถิติทดสอบที (One Sample T-test)

การจัดการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	df	t	P-value
ก่อนการจัดการเรียนรู้	50	29.82	8.02	37	-3.99*	.00
วงจรปฏิบัติการที่ 1	152	112.76	30.06	37	1.31	.10
วงจรปฏิบัติการที่ 2	152	130.66	10.94	37	13.67*	.00

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 29.82 คะแนน จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.02 ซึ่งนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีน้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 112.76

คะแนน จากคะแนนเต็ม 152 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 30.06 ซึ่งนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มไม่แตกต่างกัน และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 130.66 คะแนน จากคะแนนเต็ม 152 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.94 ซึ่งนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์นักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ก่อนการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ปรากฏดังตาราง 15

ตาราง 15 คะแนนเฉลี่ยความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียน จำนวน 38 คน

เลขที่	ก่อนการจัดการเรียนรู้			วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนนเต็ม (50)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
1	24	48.00	ไม่ผ่าน	116	76.32	ผ่าน	130	85.53	ผ่าน
2	28	56.00	ไม่ผ่าน	124	81.58	ผ่าน	115	75.66	ผ่าน
3	35	70.00	ผ่าน	113	74.34	ผ่าน	131	86.18	ผ่าน
4	33	66.00	ไม่ผ่าน	126	82.89	ผ่าน	139	91.45	ผ่าน
5	34	68.00	ไม่ผ่าน	143	94.08	ผ่าน	143	94.08	ผ่าน
6	46	92.00	ผ่าน	139	91.45	ผ่าน	148	97.37	ผ่าน
7	21	42.00	ไม่ผ่าน	42	27.63	ไม่ผ่าน	99	65.13	ไม่ผ่าน
8	29	58.00	ไม่ผ่าน	137	90.13	ผ่าน	132	86.84	ผ่าน
9	20	40.00	ไม่ผ่าน	115	75.66	ผ่าน	139	91.45	ผ่าน
10	41	82.00	ผ่าน	137	90.13	ผ่าน	138	90.79	ผ่าน
11	42	84.00	ผ่าน	133	87.50	ผ่าน	138	90.79	ผ่าน
12	38	76.00	ผ่าน	131	86.18	ผ่าน	129	84.87	ผ่าน
13	17	34.00	ไม่ผ่าน	124	81.58	ผ่าน	143	94.08	ผ่าน

ตาราง 15 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนการจัดการเรียนรู้			วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน เต็ม (50)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (152)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (152)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
14	27	54.00	ไม่ผ่าน	117	76.97	ผ่าน	122	80.26	ผ่าน
15	26	52.00	ไม่ผ่าน	80	52.63	ไม่ผ่าน	135	88.82	ผ่าน
16	18	36.00	ไม่ผ่าน	133	87.50	ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
17	42	84.00	ผ่าน	100	65.79	ไม่ผ่าน	148	97.37	ผ่าน
18	31	62.00	ไม่ผ่าน	129	84.87	ผ่าน	116	76.32	ผ่าน
19	26	52.00	ไม่ผ่าน	106	69.74	ไม่ผ่าน	137	90.13	ผ่าน
20	34	68.00	ไม่ผ่าน	123	80.92	ผ่าน	115	75.66	ผ่าน
21	32	64.00	ไม่ผ่าน	119	78.29	ผ่าน	134	88.16	ผ่าน
22	45	90.00	ผ่าน	144	94.74	ผ่าน	134	88.16	ผ่าน
23	27	54.00	ไม่ผ่าน	34	22.37	ไม่ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
24	25	50.00	ไม่ผ่าน	98	64.47	ไม่ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
25	26	52.00	ไม่ผ่าน	63	41.45	ไม่ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
26	34	68.00	ไม่ผ่าน	88	57.89	ไม่ผ่าน	138	90.79	ผ่าน
27	30	60.00	ไม่ผ่าน	84	55.26	ไม่ผ่าน	147	96.71	ผ่าน
28	36	72.00	ผ่าน	147	96.71	ผ่าน	137	90.13	ผ่าน
29	21	42.00	ไม่ผ่าน	130	85.53	ผ่าน	132	86.84	ผ่าน
30	24	48.00	ไม่ผ่าน	100	65.79	ไม่ผ่าน	134	88.16	ผ่าน
31	42	84.00	ผ่าน	147	96.71	ผ่าน	146	96.05	ผ่าน
32	22	44.00	ไม่ผ่าน	129	84.87	ผ่าน	118	77.63	ผ่าน
33	22	44.00	ไม่ผ่าน	138	90.79	ผ่าน	130	85.53	ผ่าน
34	17	34.00	ไม่ผ่าน	138	90.79	ผ่าน	124	81.58	ผ่าน
35	38	76.00	ผ่าน	128	84.21	ผ่าน	116	76.32	ผ่าน
36	29	58.00	ไม่ผ่าน	110	72.37	ผ่าน	126	82.89	ผ่าน
37	23	46.00	ไม่ผ่าน	39	25.66	ไม่ผ่าน	113	74.34	ผ่าน

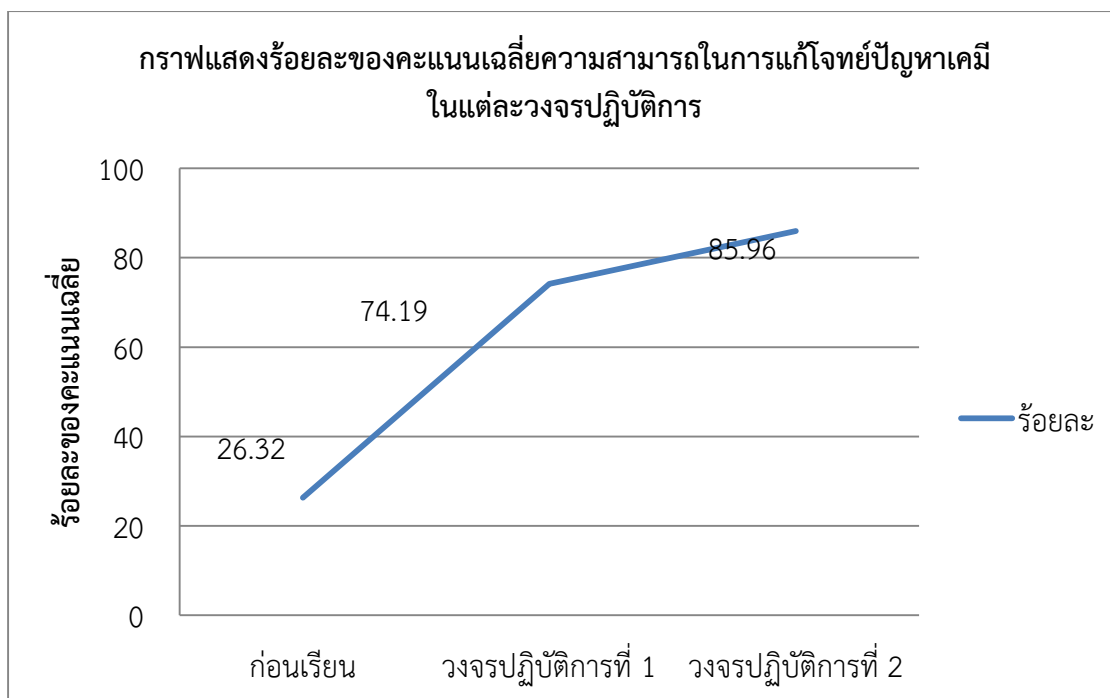
ตาราง 15 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนการจัดการเรียนรู้			วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน เต็ม (50)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (152)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (152)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
38	28	56.00	ไม่ผ่าน	81	53.29	ไม่ผ่าน	127	83.55	ผ่าน
\bar{X}	29.82	59.63	-	112.76	74.19	-	130.7	85.96	-
จำนวนที่ผ่าน		10		26		59.63			
ร้อยละ		26.32		68.42		97.36			

จากตาราง 15 พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีก่อนการจัดการเรียนรู้
นักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 26.32 วงจรปฏิบัติการที่ 1
นักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 68.42 และวงจรปฏิบัติการที่ 2
นักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 97.36

จากตาราง 15 เมื่อเขียนกราฟแสดงร้อยละของคะแนนความสามารถการแก้โจทย์
ปัญหาเคมีแสดงดังภาพประกอบ 2





ภาพประกอบ 2 ร้อยละของคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากภาพประกอบ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีเพิ่มมากขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1. การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยเน้นพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 38 คน ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา โดยการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองซึ่งใช้ใบงานกลุ่ม มีการนำเสนอแนวความคิดโดยส่งตัวแทนในกลุ่มออกมาเสนอแนวคิด ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎทรงมวลและกฎสัดส่วนคงที่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคำนวณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การคำนวณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี 1
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี 2
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี 3
 หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้วัด
 ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี
 จำนวน 8 ข้อ ผลที่ได้แสดงดังตาราง 16

ตาราง 16 คะแนนแบบทดสอบความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1

เลขที่	ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี														
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา			ขั้นวางแผนแก้ปัญหา			ขั้นดำเนินการตามแผน			ขั้นตรวจสอบผล			รวม		
	คะแนน (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
1	24	75.00	ผ่าน	36	75.00	ผ่าน	37	77.08	ผ่าน	19	79.17	ผ่าน	116	76.32	ผ่าน
2	23	71.88	ผ่าน	36	75.00	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	20	83.33	ผ่าน	124	81.58	ผ่าน
3	24	75.00	ผ่าน	37	77.08	ผ่าน	35	72.92	ผ่าน	17	70.83	ผ่าน	113	74.34	ผ่าน
4	28	87.50	ผ่าน	34	70.83	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	18	75.00	ผ่าน	126	82.89	ผ่าน
5	29	90.63	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	48	100.00	ผ่าน	24	100.00	ผ่าน	143	94.08	ผ่าน
6	24	75.00	ผ่าน	48	100.00	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	139	91.45	ผ่าน
7	15	46.88	ไม่ผ่าน	17	35.42	ไม่ผ่าน	9	18.75	ไม่ผ่าน	1	4.17	ไม่ผ่าน	42	27.63	ไม่ผ่าน
8	26	81.25	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	19	79.17	ผ่าน	137	90.13	ผ่าน
9	26	81.25	ผ่าน	28	58.33	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	18	75.00	ผ่าน	115	75.66	ผ่าน
10	27	84.38	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	44	91.67	ผ่าน	21	87.50	ผ่าน	137	90.13	ผ่าน
11	27	84.38	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	21	87.50	ผ่าน	133	87.50	ผ่าน
12	26	81.25	ผ่าน	37	77.08	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	131	86.18	ผ่าน
13	25	78.13	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	18	75.00	ผ่าน	124	81.58	ผ่าน
14	23	71.88	ผ่าน	31	64.58	ไม่ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	21	87.50	ผ่าน	117	76.97	ผ่าน
15	17	53.13	ไม่ผ่าน	27	56.25	ไม่ผ่าน	24	50.00	ไม่ผ่าน	12	50.00	ไม่ผ่าน	80	52.63	ไม่ผ่าน

ตาราง 16 (ต่อ)

เลขที่	ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี														
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา			ขั้นวางแผนแก้ปัญหา			ขั้นดำเนินการตามแผน			ขั้นตรวจสอบผล			รวม		
	คะแนน (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
16	28	87.50	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	44	91.67	ผ่าน	23	95.83	ผ่าน	133	87.50	ผ่าน
17	21	65.63	ไม่ผ่าน	33	68.75	ผ่าน	34	70.83	ผ่าน	12	50.00	ไม่ผ่าน	100	65.79	ไม่ผ่าน
18	26	81.25	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน	21	87.50	ผ่าน	129	84.87	ผ่าน
19	27	84.38	ผ่าน	34	70.83	ผ่าน	35	72.92	ผ่าน	10	41.67	ไม่ผ่าน	106	69.74	ไม่ผ่าน
20	26	81.25	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน	17	70.83	ผ่าน	123	80.92	ผ่าน
21	26	81.25	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	12	50.00	ไม่ผ่าน	119	78.29	ผ่าน
22	26	81.25	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	48	100.00	ผ่าน	24	100.00	ผ่าน	144	94.74	ผ่าน
23	8	25.00	ไม่ผ่าน	10	20.83	ไม่ผ่าน	12	25.00	ไม่ผ่าน	4	16.67	ไม่ผ่าน	34	22.37	ไม่ผ่าน
24	20	62.50	ไม่ผ่าน	33	68.75	ไม่ผ่าน	30	62.50	ไม่ผ่าน	15	62.50	ไม่ผ่าน	98	64.47	ไม่ผ่าน
25	14	43.75	ไม่ผ่าน	20	41.67	ไม่ผ่าน	20	41.67	ไม่ผ่าน	9	37.50	ไม่ผ่าน	63	41.45	ไม่ผ่าน
26	17	53.13	ไม่ผ่าน	27	56.25	ไม่ผ่าน	29	60.42	ไม่ผ่าน	15	62.50	ไม่ผ่าน	88	57.89	ไม่ผ่าน
27	18	56.25	ไม่ผ่าน	27	56.25	ไม่ผ่าน	26	54.17	ไม่ผ่าน	13	54.17	ไม่ผ่าน	84	55.26	ไม่ผ่าน
28	32	100.00	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	47	97.92	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	147	96.71	ผ่าน
29	28	87.50	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	18	75.00	ผ่าน	130	85.53	ผ่าน
30	21	65.63	ไม่ผ่าน	32	66.67	ไม่ผ่าน	34	70.83	ผ่าน	13	54.17	ไม่ผ่าน	100	65.79	ไม่ผ่าน
31	32	100.00	ผ่าน	47	97.92	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	23	95.83	ผ่าน	147	96.71	ผ่าน
32	26	81.25	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	19	79.17	ผ่าน	129	84.87	ผ่าน
33	28	87.50	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	21	87.50	ผ่าน	138	90.79	ผ่าน
34	28	87.50	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	138	90.79	ผ่าน
35	24	75.00	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	20	83.33	ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
36	23	71.88	ผ่าน	34	70.83	ผ่าน	35	72.92	ผ่าน	18	75.00	ผ่าน	110	72.37	ผ่าน
37	29	90.63	ผ่าน	10	20.83	ไม่ผ่าน	0	0.00	ไม่ผ่าน	0	0.00	ไม่ผ่าน	39	25.66	ไม่ผ่าน
38	27	84.38	ผ่าน	23	47.92	ไม่ผ่าน	21	43.75	ไม่ผ่าน	10	41.67	ไม่ผ่าน	81	53.29	ไม่ผ่าน

ตาราง 16 (ต่อ)

เลขที่	ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี														
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา			ขั้นวางแผนแก้ปัญหา			ขั้นดำเนินการตามแผน			ขั้นตรวจสอบผล			รวม		
	คะแนน (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
จำนวนที่ผ่าน	29			27			29			25			26		
ร้อยละ	76.32			71.05			76.32			65.79			68.42		
df	37														
t	1.31														
P-value	.10														

จากตาราง 16 พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี ทั้ง 4 ขั้นตอน โดยเรียงลำดับคะแนนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 อันดับที่ 2 ขั้นดำเนินการตามแผนจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 อันดับที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหาจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 71.05 และอันดับที่ 4 ขั้นตรวจสอบผลจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 68.42 ซึ่งนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ อนุทินของนักเรียน และได้สัมภาษณ์ นักเรียนที่มีคะแนนในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ เพื่อนำปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลที่ได้แสดงดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา พบว่า นักเรียนไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ทั้งหมดเนื่องจากนักเรียนไม่ตระหนักถึงความสำคัญในข้อมูลที่กำหนดให้ ดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ไม่รู้จะให้เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ทำใหม่ในโจทย์ก็มี...”

(นักเรียน 13, วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

“...บางทีเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบ เพราะคิดว่าข้อมูลบางตัวคิดว่าไม่ได้ใช้...”

(นักเรียน 2, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2562 : การสัมภาษณ์)

2. ชั้นวางแผนแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนชอบสื่อทัศนสัญลักษณ์ในการอธิบายความรู้ นักเรียนไม่สามารถนักเรียนไม่สามารถวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากระยะเวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอในการทำกิจกรรม จำนวนสมาชิกในการทำกิจกรรมกลุ่ม และสื่อวัสดุที่มีข้อความมากเกินไป ครูผู้สอนสนใจนักเรียนหน้าห้องมากกว่าหลังห้อง รายละเอียดดังนี้

2.1 นักเรียนชอบสื่อทัศนสัญลักษณ์ เช่น รูปภาพประกอบในการอธิบายความรู้ ที่ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเรียนที่ศึกษาได้ง่ายขึ้น ดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ในโจทย์ที่มีการแก้แบบหลายขั้นเป็นสิ่งที่ยากแต่ถ้าใช้แผนภาพจะทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ...”

(นักเรียน 4, วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

2.2 ระยะเวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอส่งผลให้ขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาไม่รอบครอบ เมื่อนำความรู้หรือแนวคิดหลักมาประยุกต์เพื่อวางแผนจึงทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ยังไม่ได้ทำความเข้าใจเนื้อหาของแต่ละคนภายในกลุ่มที่สืบค้นมา เวลาที่ใช้ในการทำงานกลุ่มก็หมดแล้ว ทำให้แก้โจทย์ปัญหาไม่ได้ อยากให้เพิ่มเวลาในการทำงานกลุ่มได้ทำความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น...”

(นักเรียน 15, วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

2.3 นักเรียนไม่ต้องการทำกิจกรรมกลุ่มที่มีสมาชิกจำนวนมาก เนื่องจากการทำกิจกรรมกลุ่มที่มีสมาชิกจำนวนมากทำให้ไม่สามารถลงมือปฏิบัติในวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาได้ทุกคน ส่งผลให้ไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาได้ครบทั้งหมด

“...อยากทำงานเป็นคู่หรือทำงานคนเดียวมากกว่า เพราะได้ทำเองทุกขั้นตอน จะทำให้เข้ามากกว่าทำกับเพื่อนเยอะๆ...”

(นักเรียน 38, วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

2.4 สื่อวัสดุ เช่น ใบงาน กระดาษเกมสมีจำนวนข้อคำถามมากเกินไป ส่งผลให้ใช้เวลานานในการจัดการเรียนรู้ ดัชนีคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...คำถามในใบงานกลุ่มเยอะและแต่ละคำถามก็ยากมากด้วย...”

(นักเรียน 23, วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2559 : อนุทินนักเรียน)

“...ใบงานกลุ่มมีจำนวนคำถามเยอะ ใช้เวลานานในการทำใบงาน...”

(นักเรียน 19, วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

2.5 ครูผู้สอนสนใจนักเรียนหน้าห้องมากกว่าหลังห้อง ส่งผลให้นักเรียนไม่มีความมั่นใจในการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา ดัชนีคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...อยากให้ครูสนใจหลังห้องมากกว่านี้เพราะครูสนใจแต่นักเรียนหน้าห้องมากกว่า ...”

(นักเรียน 19, วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

“...ครูสนใจนักเรียนหน้าห้องมากกว่าหลังห้อง อยากให้ครูสนใจหลังห้องมากกว่านี้...”

(นักเรียน 13, วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

3. ขั้นตอนการตามแผน พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ ส่งผลให้ในขั้นตอนตามแผนเมื่อคำนวณหาคำตอบ และการเปลี่ยนหน่วยไม่ถูกต้อง ดัชนีคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...เวลาคำนวณหาคำตอบมักจะสับสนตัวไหนตัวตั้ง ตัวไหนตัวหาร ย้ายข้างหาคำตอบผิด บางทีตอบหน่วยของคำตอบที่ได้ผิดทั้งที่คำนวณได้แล้ว...”

(นักเรียน 24, วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2559 : อนุทินนักเรียน)

“...เวลาหาคำตอบยังงี้ก็ไม่มีทางถูก เพราะหารเลขยังผิด โดยเฉพาะหน่วยของ คำตอบที่ไม่เคยตอบถูกตามที่โจทย์ต้องการ...”

(นักเรียน 23, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2559 : การสัมภาษณ์)

4. ชั้นตรวจสอบผล พบว่า นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบวิธีการและคำตอบที่ได้ เนื่องจากขาดทักษะการคำนวณ ไม่มีประสบการณ์การตรวจสอบผลในโจทย์ในวิชาเคมี และครูผู้สอน พูดเร็วในขณะที่มีการอธิบายการแก้ปัญหาเคมีเพิ่มเติม รายละเอียดดังนี้

4.1 นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบวิธีการและคำตอบที่ได้ เนื่องจากขาดทักษะ การคำนวณ และไม่มีประสบการณ์การตรวจสอบผลในโจทย์ในวิชาเคมี ส่งผลให้มีการตรวจสอบผล ตรวจสอบผล ดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ตรวจสอบคำตอบไม่เป็น ไม่รู้ว่าต้องเริ่มทำจากตรงไหนก่อน...”

(นักเรียน 30, วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2559 : อนุทินนักเรียน)

“...ไม่ตรวจเคยตรวจสอบคำตอบมาก่อน ทำไม่เป็น ทำให้ไม่มั่นใจว่าจะ ตรวจสอบถูกต้อง...”

(นักเรียน 17, วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

4.2 ครูผู้สอนพูดเร็วในขณะที่มีการอธิบายการแก้ปัญหาเคมีเพิ่มเติม ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการตรวจสอบผลแก้โจทย์ปัญหาดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ครูพูดเร็วมากทำให้ทำความเข้าใจไม่ทัน อยากให้ครูพูดให้ช้ากว่านี้ โดยเฉพาะตรงตรวจสอบคำตอบ...”

(นักเรียน 20, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2562 : การสัมภาษณ์)

“...ครูพูดเร็วมากทำให้ตามไม่ทัน อยากให้พูดช้าลง...”

(นักเรียน 36, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2562 : การสัมภาษณ์)

5. วิธีการจัดการเรียนรู้ พบว่ากระตือรือร้นในการเข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านสื่อ นักเรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอความคิดของ ตนเอง รายละเอียดดังนี้

5.1 นักเรียนกระตือรือร้นในการเข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านสื่อ ดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ชอบเวลาที่ผู้คุมคนให้ไปเฉลยโจทย์ปัญหาที่หน้ากระดาน เป็นการแข่งขันที่สนุกมาก...”

(นักเรียน 11, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2562 : การสัมภาษณ์)

“...ชอบเล่นบิงโก ที่ได้กำหนดตัวเลขในช่องด้วยตนเองทำให้สนุก ได้ทบทวนความรู้ที่เคยเรื่องผ่านมาด้วย...”

(นักเรียน 8, วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2562 : อนุทินนักเรียน)

5.2 นักเรียนรู้สึกไม่ชอบเมื่อมีการนำเสนอข้อสรุปหน้าชั้นเรียน เนื่องจากไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอความคิดของตนเอง ดังแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ไม่ชอบเวลาให้ออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพราะรู้สึกอายมากที่ต้องออกไปยืนหน้าชั้นเรียนคนเดียว...”

(นักเรียน 28, วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2559 : อนุทินนักเรียน)

“...ไม่กล้าอธิบายความข้อสรุปตามความเข้าใจของตนเองให้เพื่อนฟังกลัวความรู้สรุปผิด...”

(นักเรียน 23, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2562 : การสัมภาษณ์)

ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการณ์ที่ 2 ต่อไป ปรากฏดังตาราง 17

พูนุ ปณุกิตโต ชิว

ตาราง 17 ปัญหาและแนวทางแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
1. นักเรียนไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ทั้งหมด เนื่องจากนักเรียนไม่เห็นความสำคัญในข้อมูลที่กำหนดให้	สร้างความตระหนักของนักเรียนต่อความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ โดยครูผู้สอนอธิบายให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของข้อมูลที่กำหนดให้ นั้น ถ้าเลือกใช้ข้อมูลถูกต้องจะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง
2. นักเรียนไม่สามารถวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากการทำกิจกรรมกลุ่มที่มีสมาชิกจำนวนมากทำให้ไม่สามารถลงมือปฏิบัติได้ทุกคน ส่งผลให้ไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาได้ครบทั้งหมด เมื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์เพื่อวางแผนจึงทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้	จัดกลุ่มใหม่ให้มีสมาชิกจำนวน 2-3 คน เพื่อให้ นักเรียนทุกคนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง และมีเวลาทำความเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น และในการยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหา ครูอธิบายการวางแผนโดยใช้แผนภาพ และตาราง เพื่อให้นักเรียนทราบถึงภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนในการวางแผน
3. ระยะเวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอส่งผลให้เข้าใจปัญหาได้ไม่ชัดเจนส่งผลให้มีขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหามิรอบคอบทำให้ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง	ครูผู้สอนเพิ่มเวลาให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจให้มากขึ้น โดยลดข้อคำถามในการทบทวนความรู้เดิม ลดจำนวนข้อคำถามในสื่อวัสดุที่ใช้ และปรับในคำถามมีความง่ายขึ้น
4. การทบทวนแนวคิดหลักที่นำมาใช้ในแต่ละเรื่อง	ครูผู้สอนควรให้นักเรียนทบทวนแนวคิดของความรู้ที่เรียนผ่านมา และความรู้ที่เกี่ยวข้อง มี โจทย์ปัญหาให้สังเกตของแต่ละเรื่องก่อนเข้า คาบเรียนในสื่อที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย
5. ครูผู้สอนสนใจนักเรียนหน้าห้องมากกว่าหลังห้อง ส่งผลให้นักเรียนไม่มีความมั่นใจในการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา	ครูผู้สอนให้ความสนใจนักเรียนทุกคน โดยแนะนำแต่ละกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ และแจ้งนักเรียนให้ยกมือถามเมื่อต้องการความช่วยเหลือ เพื่อให้นักเรียนมีความมั่นใจที่จะวางแผนแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองได้

ตาราง 17 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
6. นักเรียนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ ส่งผลให้ ในชั้นดำเนินตามแผนเมื่อคำนวณหาคำตอบ จึง ได้คำตอบและและหน่วยที่ใช้ที่ไม่ถูกต้อง	สอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการ คำนวณในเรื่องการแก้สมการ และการเปลี่ยน หน่วย
7. นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบวิธีการและ คำตอบที่ได้ ไม่มีประสบการณ์การตรวจสอบผล ส่งผลให้ไม่มีการตรวจสอบผล ตรวจสอบผลได้ใน โจทย์ที่ไม่ซับซ้อน	ครูผู้สอนเพิ่มการยกตัวอย่างในการตรวจสอบ คำตอบเป็นตัวอย่างให้นักเรียนได้ศึกษา และ สอนซ่อมเสริมนักเรียน ประกอบกับทำ แบบฝึกหัดในโจทย์ที่มีการตรวจสอบผลที่ไม่ ซับซ้อน
8. เมื่อมีการอธิบายการแก้ปัญหาเคมีเพิ่มเติม ครูผู้สอนพูดเร็ว ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนใน การแก้โจทย์ปัญหา	ครูพูดให้ช้าลง แจ้งกับนักเรียนว่า ถ้าครูพูดเร็ว ให้นักเรียนแจ้งทันที เพิ่มเวลาให้นักเรียนได้คิด และอธิบายซ้ำอีกครั้ง
9. นักเรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอ ความคิดของตนเอง	สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มนำเสนอแนวคิด ร่วมกันหน้าชั้นเรียน

2. การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยเน้นพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 14 คน ผู้วิจัยได้ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยสร้างความตระหนักของนักเรียนต่อความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ซึ่งครูผู้สอนอธิบายให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของข้อมูลที่กำหนดให้ นั้น มีการจัดกลุ่มใหม่ให้มีสมาชิกจำนวน 2-3 คน และลดข้อคำถามและปรับในคำถามมีความง่ายขึ้น เพื่อให้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเพียงพอ ให้สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มนำเสนอแนวคิดร่วมกันหน้าชั้นเรียน มีการทบทวนแนวคิดหลักที่นำมาใช้ในแต่ละเรื่องในสื่อออนไลน์ เช่น Facebook เป็นต้น ในการยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาครูผู้สอนอธิบายการวางแผนและตรวจสอบโดยใช้แผนภาพ และตารางเพื่อให้นักเรียนทราบถึงภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนในแก้โจทย์ปัญหา นัดสอนซ่อมเสริมนักเรียนเพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การเปลี่ยนหน่วย และการตรวจสอบผลที่ไม่ซับซ้อน โดยใช้โจทย์ที่เกี่ยวข้องที่พบเจอได้ง่ายในชีวิตประจำวัน ครูผู้สอนให้ความสนใจนักเรียนทุกคนโดยแนะนำแต่ละกลุ่มอย่างสม่ำเสมอแจ้งนักเรียนให้ยกมือถามเมื่อต้องการความช่วยเหลือ

ถ้าครูพูดเร็วให้นักเรียนแจ่มทันที เพิ่มเวลาให้นักเรียนได้คิด และอธิบายซ้ำอีกครั้งโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วย

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้น 1
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้น 2
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้น 3
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง สารกำหนดปริมาณ 1
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง สารกำหนดปริมาณ 2
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง สารกำหนดปริมาณ 3

หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีจำนวน 8 ข้อ ผลที่ได้แสดงดังตาราง 18

ตาราง 18 คะแนนแบบทดสอบความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2

เลขที่	ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี														
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา			ขั้นวางแผนแก้ปัญหา			ขั้นดำเนินการตามแผน			ขั้นตรวจสอบผล			รวม		
	คะแนน (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
7	26	81.25	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	26	54.17	ไม่ผ่าน	8	33.33	ไม่ผ่าน	99	65.13	ไม่ผ่าน
14	26	81.25	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	14	58.33	ไม่ผ่าน	122	80.26	ผ่าน
15	29	90.63	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	15	62.50	ไม่ผ่าน	135	88.82	ผ่าน
17	32	100.00	ผ่าน	48	100.00	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	148	97.37	ผ่าน
19	25	78.13	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	47	97.92	ผ่าน	20	83.33	ผ่าน	137	90.13	ผ่าน
21	26	81.25	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	20	83.33	ผ่าน	134	88.16	ผ่าน
23	27	84.38	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	18	75.00	ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
24	27	84.38	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	15	62.50	ไม่ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
25	27	84.38	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	16	66.67	ไม่ผ่าน	128	84.21	ผ่าน
26	30	93.75	ผ่าน	48	100.00	ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	20	83.33	ผ่าน	138	90.79	ผ่าน

ตาราง 18 (ต่อ)

เลขที่	ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมี														
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา			ขั้นวางแผนแก้ปัญหา			ขั้นดำเนินการตามแผน			ขั้นตรวจสอบผล			รวม		
	คะแนน (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (48)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนน (152)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
27	32	100.00	ผ่าน	48	100.00	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	147	96.71	ผ่าน
30	27	84.38	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	46	95.83	ผ่าน	15	62.50	ไม่ผ่าน	134	88.16	ผ่าน
37	23	71.88	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	35	72.92	ผ่าน	13	54.17	ไม่ผ่าน	113	74.34	ผ่าน
38	26	81.25	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	22	91.67	ผ่าน	127	83.55	ผ่าน
จำนวนที่ผ่าน	14			14			13			7			13		
ร้อยละ	100			100			92.86			50.00			92.86		
df	37														
t	13.67*														
P-value	.00														

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 17 พบว่า นักเรียนทั้งหมด 14 คน ที่มีคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาเคมีไม่ผ่านเกณฑ์จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยเรียงลำดับคะแนนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 อันดับที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 อันดับที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผนจำนวนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 92.86 และอันดับที่ 4 ขั้นตรวจสอบผลจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ซึ่งนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ อนุทินของนักเรียนและได้สุ่มสัมภาษณ์ นักเรียนที่มีคะแนนในระดับสูงปานกลาง และต่ำ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลที่ได้แสดงดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา พบว่านักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาได้ชัดเจน เนื่องจากครูผู้สอนให้เวลานักเรียนคิดมากขึ้น ในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการยกตัวอย่าง ดั้งแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ในช่วงยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาชอบที่ครูเว้นช่วงให้ได้คิดตามมากขึ้น และมีการอธิบายซ้ำ ทำให้ค่อยๆเข้าใจได้ง่าย...”

(นักเรียน 38, วันที่ 18 มีนาคม 2562 : การสัมภาษณ์)

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา พบว่านักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนสรุปแนวคิดหลัก ในแต่ละเรื่องที่น่าไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และข้อสังเกตของโจทย์ปัญหาที่มีการวางแผนแก้ปัญหาดังกันอย่างไร

“...อยากให้ครูเขียนสรุปย่อของทุกเรื่องให้เลย ว่าโจทย์ลักษณะแบบนี้ใช้วิธีนี้ แก้โจทย์ อยากได้ข้อสังเกตที่ชัดเจนว่าโจทย์ปัญหาแต่ละข้อมีวิธีคิดวางแผนแก้ปัญหาดังกันตรงไหนบ้าง แล้วต้องใช้ความรู้ในเรื่องไหนบ้างมาแก้ปัญหา...”

(นักเรียน 7, วันที่ 18 มีนาคม 2562 : การสัมภาษณ์)

3. ขั้นดำเนินการตามแผน พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เป็นผลมาจาก เกิดความไม่เข้าใจในการเปลี่ยนหน่วย ดั้งแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ตอนที่ฝึกโจทย์การแก้สมการที่เป็นโจทย์คณิตศาสตร์ และการเปลี่ยนหน่วยที่เกิดขึ้นในชีวิต เช่น เปลี่ยนหน่วยกรัมเป็นกิโลกรัม มิลลิเมตรเป็นลิตรก็เปลี่ยนได้ พอเป็นการคำนวณในวิชาเคมีทำให้สับสนในการแก้สมการ เพราะมีหน่วยที่ไม่คุ้นเคยเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ...”

(นักเรียน 7, วันที่ 18 มีนาคม 2562 : การสัมภาษณ์)

4. ขั้นตรวจสอบผล พบว่า นักเรียนสามารถตรวจสอบผลของโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ และครูผู้สอนพูดเร็วเมื่อมีการอธิบายการตรวจสอบผล รายละเอียดดังนี้

4.1 นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบวิธีการและคำตอบที่ได้ เนื่องจากโจทย์มีความซับซ้อนในการตรวจสอบผลเกิดความสับสนในการตรวจสอบวิธีการ แต่นักเรียนสามารถตรวจสอบผลของโจทย์ปัญหาที่ไม่มีความซับซ้อนได้ ดั้งแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ในขั้นตรวจสอบคำตอบทำได้เฉพาะโจทย์ที่ทำขึ้นเดียวเสร็จได้คำตอบทันที ถ้าโจทย์ที่ยากจะทำไม่ค่อยหรือตรวจสอบได้แต่คำตอบที่ตรวจสอบไม่ถูกต้อง..”

(นักเรียน 24, วันที่ 11 มีนาคม 2562 : อนุทินนักเรียน)

“...ถ้าโจทย์ที่มีหลายขั้นในการตรวจสอบผลทำให้สับสนขั้นตอนที่ใช้เวลาตรวจสอบมาก ถ้าโจทย์ที่ง่ายสามารถตรวจสอบได้ทันทีและได้คำตอบที่ถูกต้อง..”

(นักเรียน 25, วันที่ 18 มีนาคม 2562 : อนุทินนักเรียน)

4.2 ครูผู้สอนพูดเร็วเมื่อมีการอธิบายการตรวจสอบผลทำให้นักเรียนสับสน
ตั้งแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...ถึงครูยังเร็วอยู่เป็นบางช่วงในการอธิบายตัวอย่างโจทย์โดยเฉพาะในเวลา
ที่อธิบายการตรวจสอบผลครูพูดเร็วมาก อยากให้ครูพูดให้ช้าตลอด...”

(นักเรียน 19, วันที่ 1 มีนาคม 2562 : อนุทินนักเรียน)

“...ครูพูดเร็วเป็นช่วง ๆ ยิ่งตอนอธิบายการตรวจสอบผลซ้ำอีกครั้งในรอบที่
สองครูจะพูดเร็ว ทำให้ตามไม่ทัน อยากให้พูดช้าแบบสม่ำเสมอ ...”

(นักเรียน 30, วันที่ 11 มีนาคม 2562 : อนุทินนักเรียน)

5. วิธีการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือกับการศึกษาหาข้อมูลด้วย
ตนเอง เนื่องจากต้องการให้ครูสรุปความรู้ให้โดยตรง ไม่ตรงการศึกษาหาข้อมูลมาสร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเอง

“...ในกิจกรรมที่ให้หาข้อมูลด้วยตนเอง ไม่ชอบที่สุดเพราะไม่รู้ว่าจะหาข้อมูลที่จะ
มาจะถูกต้องหรือไม่ เมื่อถึงขั้นสรุปความรู้ที่ได้จริง ๆ พร้อมกันทั้งห้อง ส่วนมากก็ไม่ค่อยเหมือนที่หา
ข้อมูลมา ทำให้สับสนความรู้ในเรื่องนั้นๆ เป็นไปได้อยากให้ครูสรุปความรู้ให้เลย ได้ไม่เสียเวลา
และไม่สับสน...”

(นักเรียน 7, วันที่ 18 มีนาคม 2562 : การสัมภาษณ์)

ตาราง 19 ปัญหาและแนวทางแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
1. นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนสรุปแนวคิดหลักในแต่ละเรื่องที่น่าไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และข้อสังเกตของโจทย์ปัญหาที่มีการวางแผนแก้ปัญหาต่างกันอย่างไ	ครูผู้สอนนักเรียนสรุปแนวคิดหลักที่เรียนแต่ละเรื่อง พร้อมข้อสังเกตของโจทย์ปัญหาในเรื่องนั้นๆ และมีชุดแบบฝึกหัดให้นักเรียนได้ศึกษาทบทวน หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้
2. นักเรียนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ 1 คน เป็นผลมาจากเกิดความไม่เข้าใจในการเปลี่ยนหน่วย	นัดสอนซ่อมเสริมนักเรียน ฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การเปลี่ยนหน่วย โดยใช้โจทย์ปัญหาเคมีใน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยตรง เพื่อให้ให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนหน่วยในวิชาเคมี
3. นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบวิธีการและคำตอบที่ได้ ของนักเรียนทั้งหมด 7 คน เนื่องจากโจทย์มีความซับซ้อนในการตรวจสอบ ผลเกิดความสับสนในการตรวจสอบวิธีการ	มีการยกตัวอย่างในการตรวจสอบคำตอบที่ได้มา และให้ฝึกทำโจทย์ที่มีการตรวจสอบที่มีความซับซ้อน หรือโจทย์ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกับขั้นตอนการตรวจสอบผลในแบบวัด
4. ครูผู้สอนพูดเร็ว	ครูพูดให้ช้าลง แจ้งกับนักเรียนให้นักเรียนยกมือบอกทันทีเมื่อครูพูดเร็ว และมีการอธิบายซ้ำอีกครั้ง
5. นักเรียนไม่มีการศึกษาหาข้อมูลด้วยตนเอง	ครูผู้สอนแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น หนังสือ เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนแทนสื่อออนไลน์

พูน ปรณ ทิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นวิจัยการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา ผู้วิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

สรุปผล

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของโพลยา จำนวนทั้งหมด 38 คน โดยพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังนี้ ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 26 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 112.76 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มไม่แตกต่างกัน และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 37 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 130.66 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน นักเรียนทั้งหมด 38 คน สามารถเรียงลำดับคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 อันดับที่ 2 ชั้นดำเนินการตามแผนจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 อันดับที่ 3 ชั้นวางแผน

แก้ปัญหาค่าจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 71.05 และอันดับที่ 4 ชั้นตรวจสอบผลจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 68.42 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มไม่แตกต่างกัน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน นักเรียนทั้งหมด 14 คน ที่คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีไม่ผ่านเกณฑ์จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 สามารถเรียงลำดับคะแนนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหา 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 อันดับที่ 2 ชั้นวางแผนแก้ปัญหาค่าจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 อันดับที่ 3 ชั้นดำเนินการตามแผนจำนวนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 92.86 และอันดับที่ 4 ชั้นตรวจสอบผลจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนทั้งหมด 38 คน มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ โดยพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นดังนี้ ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 10 คน วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 26 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 112.76 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มไม่แตกต่างกัน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 37 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 130.66 คะแนน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนใช้สถานการณ์ต่างๆ ที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ปัญหา เพื่อวางแผนแก้ปัญหา มีการแบ่งหน้าที่กันในการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ โดยมีผู้สอนแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ สมาชิกทุกคนนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ในการวางแผนได้นำแผนภาพหรือตารางมาใช้ในการอธิบายถึงขั้นตอนการแก้ปัญหา เพื่อให้ทราบถึงภาพรวม ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยอาศัยทักษะการคำนวณของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ซึ่งในด้านทักษะการคำนวณครูผู้สอนส่งเสริมให้นักเรียนเพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การเปลี่ยนหน่วย และให้นักเรียนฝึกทำโจทย์ที่มีการตรวจสอบผลที่ไม่ซับซ้อน ทำให้นักเรียนสามารถคำนวณที่เกี่ยวข้องของโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง แต่มี

นักเรียนบางส่วนที่ไม่มีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลและแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทำให้เมื่อมีการลงข้อสรุปความรู้ที่ได้จึงไม่เข้าใจ ส่งผลให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ นอกจากนี้ในกิจกรรมกลุ่มและในการขยายความรู้มีการแบ่งชั้นตอนการคิดแก้ปัญหาออกเป็นแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเป็นไปตามลำดับ โดยส่วนใหญ่ในขั้นตรวจสอบผลนักเรียนสามารถตรวจสอบผลในโจทย์ปัญหาที่ไม่ซับซ้อนได้ถูกต้อง แต่เมื่อเป็นโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบผลที่ได้ครบทุกขั้นตอน ซึ่งในขั้นขยายความรู้ได้มีการสุ่มนักเรียนมาเฉลยห้องชั้นเรียน ทำให้นักเรียนกระตือรือร้น และสนุกสนาน ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อรับของรางวัล ครูผู้สอนได้อธิบายเพิ่มเติมและยกตัวอย่างโจทย์เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจมากขึ้น และมีการฝึกแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้เกิดความเข้าใจในโจทย์ปัญหานั้นได้อย่างชัดเจน เมื่อนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ส่งผลให้มีการเรียนรู้ถึงวิธีการใช้สติปัญญาของตนเองในการแก้ปัญหา (ทีศนา แคมมณี, 2552) และนักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเป็นไปตามลำดับแต่ละขั้นตอน จนเกิดเป็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551) ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของของพัทธนันท์ เจียเจริญ (2559) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่นโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอาชิ ตราแม (2558) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมุสลิมพัฒนาพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีรายละเอียดแต่ละวงจรปฏิบัติการดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน นักเรียนทั้งหมด 38 คน สามารถเรียงลำดับคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 อันดับที่ 2 ชั้นดำเนินตามแผนจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 อันดับที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหาจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 71.05 และอันดับที่ 4 ชั้นตรวจสอบผลจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 68.42 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีในภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มไม่แตกต่างกัน เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนได้ใช้สถานการณ์ที่น่าสนใจ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนักเรียนภายในกลุ่มแบ่งหน้าที่ในการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหา

และนักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ทำให้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีในภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่เนื่องจากระยะเวลาในการจัดกิจกรรมไม่เพียงพอ ทำให้นักเรียนไม่สามารถรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วนตามต้องการ เมื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหาก็ทำให้ได้ขั้นตอนในการแก้ปัญหาก็ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ประกอบกับนักเรียนบางส่วนขาดทักษะการคำนวณซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการแก้โจทย์ปัญหา (กรมวิชาการ, 2545) จึงส่งผลให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง และนอกจากนี้ยังพบว่าสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีจำนวนมากเกินไป จึงทำให้นักเรียนบางส่วนไม่มีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูล ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากไม่ได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ, 2545) เป็นผลทำให้ในทางสถิติคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในภาพรวมที่ได้ไม่แตกต่างกับคะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นดังนี้ ในขั้นทำความเข้าใจปัญหาให้นักเรียนให้ความสนใจในการวิเคราะห์ปัญหาจากโจทย์ปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม ซึ่งได้แยกปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย ๆ เพื่อทำความเข้าใจปัญหา โดยอาศัยการวิเคราะห์และสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นภาษาของนักเรียน ซึ่งในการสรุปปัญหาจากโจทย์เป็นภาษาของตนเองทำให้สามารถเข้าใจปัญหาในสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2557) แม้นักเรียนจะสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน เพราะเวลานักเรียนไม่สนใจในสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ จึงส่งผลให้มีคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาสูงกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย เมื่อนักเรียนแต่ละคนไม่สนใจสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ส่งผลให้ขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาก็ไม่ครบถ้วน ทำให้คะแนนเฉลี่ยในขั้นวางแผนแก้ปัญหามีคะแนนเพียงผ่านเกณฑ์ เป็นผลต่อเนื่องถึงการดำเนินการตามแผนจึงทำให้ไม่ได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนบางส่วนเขียนขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาก็ไม่ครบทุกขั้นตอน แต่เมื่อดำเนินการตามแผนที่วางไว้กลับสามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนมีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาก็ไปพร้อมกันทำให้ทราบถึงขั้นตอนที่ไม่ครบถ้วน จึงเพิ่มเติมลงในการดำเนินการตามแผนแต่ไม่ได้เพิ่มในขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาก็ ส่งผลให้คะแนนขั้นดำเนินการตามแผนสูงกว่าขั้นวางแผนแก้ปัญหาก็ ในส่วนขั้นตรวจสอบผลที่ได้คะแนนน้อยที่สุด สังเกตได้จากการทำใบกิจกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบท้ายแผนการเรียนรู้แต่ละแผน และแบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการ พบว่าผู้เรียนบางส่วนไม่สามารถวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาและตรวจสอบคำตอบได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ หรือไม่มีการตรวจสอบผลที่ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีการตรวจสอบผล จึงไม่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบผลหรือมีประสบการณ์น้อย เป็นผลให้คะแนนในขั้นนี้ไม่ผ่านเกณฑ์ เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการตรวจสอบผลเพียงเล็กน้อยทำให้ไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ (กรมวิชาการ, 2541) สอดคล้องกับงานวิจัยของจามจุรี ท่อนจันทร์ (2557) ที่ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาก็ของโพลยาร่วมกับเทคนิค TAL เรื่อง ความรู้

เบื้องต้นเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งนักเรียนได้รับการฝึกให้มีการตรวจสอบผลที่ได้ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วงจรถอบปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน นักเรียนนักเรียนทั้งหมด 14 คน ที่มีคะแนนความสามารถแก้โจทย์ปัญหาเคมีไม่ผ่านเกณฑ์จากวงจรถอบปฏิบัติการที่ 1 สามารถเรียงลำดับคะแนนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหา 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 อันดับที่ 2 ชั้นวางแผนแก้ปัญหาจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 อันดับที่ 3 ชั้นดำเนินการตามแผนจำนวนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 92.86 และอันดับที่ 4 ชั้นตรวจสอบผลจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเคมีมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นเช่นนี้เพราะผู้สอนได้ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของความรู้ที่เรียนผ่านมา และความรู้ที่เกี่ยวข้องก่อนเข้าห้องเรียน สร้างความตระหนักของนักเรียนต่อความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาใช้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนนำสิ่งโจทย์กำหนดให้มาใช้ประกอบในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมในการวางแผนแก้ปัญหา มีการจัดกลุ่มให้มีจำนวนสมาชิกจำนวน 2-3 คน ให้นักเรียนทุกคนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง โดยมีเวลาทำความเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น ให้นักเรียนทุกคนตั้งใจและสนใจในการเรียนรู้ (ภพ เลหาพิบูลย์, 2542) มีการสอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การเปลี่ยนหน่วย และการตรวจสอบผลในโจทย์ปัญหาที่ไม่ซับซ้อน ให้นักเรียนสามารถคำนวณค่าของคำตอบและหน่วยที่ใช้ได้ถูกต้อง มีความกล้าในการตรวจสอบผลของคำตอบที่ได้ ทำให้คะแนนเฉลี่ยในวงจรถอบปฏิบัติการที่ 2 สูงขึ้น แต่ในชั้นตรวจสอบผลที่นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านมากที่สุด เป็นผลมาจากครูผู้สอนไม่ได้ยกตัวอย่างโจทย์ที่มีชั้นการตรวจสอบที่ซับซ้อนให้นักเรียนฝึก และยังมีนักเรียนบางคนที่ไม่สามารถแก้สมการ และเปลี่ยนหน่วยได้ถูกต้อง เนื่องจากโจทย์ที่ใช้ฝึกเป็นโจทย์การแก้สมการอย่างง่ายทางคณิตศาสตร์ และในการเปลี่ยนหน่วยเป็นหน่วยที่พบเจอในชีวิตประจำวันเท่านั้นทำให้นักเรียนไม่มีประสบการณ์เดิมและโจทย์ที่คล้ายคลึงกันในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งประสบการณ์เดิมมีความสำคัญในการวิเคราะห์หารูปแบบ และการหาข้อมูลเพื่อนำมาแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จ (Polya, 2004) ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบผลที่ได้ถูกต้องทุกขั้นตอนในการให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องเกิดทักษะกระบวนการคิดเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่คงทน (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Samuel Onyinyechi Nneji (2013) ที่ได้ศึกษาผลการใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทน เรื่อง พีชคณิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่ใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาของโพลยา

มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนสูงว่า นักเรียนที่เรียนแบบบรรยาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เวลามากในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอน กำหนดเวลาให้ชัดเจนในงานความไม่มีคำถามเยาะเกิ่นไป และอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาแต่ละขั้นตอนให้ละเอียด

1.2 ควรให้นักเรียนได้ฝึกขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยาคล่องก่อนการมีทดสอบ

1.3 ครูผู้สอนควรให้นักเรียนเรียนได้ฝึกทำโจทย์ปัญหาที่หลายหลายเริ่มจากง่ายไปหายาก

1.4 ครูผู้สอนควรฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการคำนวณที่ดีก่อนเริ่มมีการจัดการเรียนรู้ เพราะเป็นทักษะที่สำคัญในขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล

1.5 ควรให้นักเรียนได้ฝึกการตรวจสอบผลในโจทย์ปัญหาเยาะ ๆ เพื่อเพิ่มประสบการณ์ในการตรวจสอบผล และไม่เกิดการสับสนในการตรวจสอบผล

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการเน้นย้ำให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีให้ครบทุกข้อ เพราะจะทำให้ผู้วิจัยสามารถประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนแต่ละคนได้ตรงกับความเป็นจริงที่สุด

2.2 ควรศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติที่มีต่อวิชาเคมี เป็นต้น

พูน ปณ ภิโต ชีเว

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *การประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic Assessment)*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2541). *การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ : ครูสภาลาดพร้าว
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์การศึกษา*. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พ.ว.).
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนคณิตศาสตร์. (2545). *ชุดเสริมประสบการณ์สำหรับครูคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย.
- จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอน โดยใช้รูปแบบ SSCS และการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จามจรี ท่อนจันทร์. (2557) *ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ร่วมกับเทคนิค TAL เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ : แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2557). *เทคนิคการใช้คำถามพัฒนาการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี : สหมิตรพรีนติ้งแอนด์พับลิชชิง
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). *การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้*. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 11(1), 39-42.
- คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (2553). *พื้นฐานการวิจัยการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 6. มหาสารคาม : ประสานการพิมพ์.
- ดวงเดือน อ่อนน่วม และคณะ. (2537). *เรื่องน่ารู้สำหรับครูคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ทศวิทย์ เส้นเศษ (2561). การพัฒนาการเข้าใจใจใหม่และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในวิชา
ฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับ
สโลเมชั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทีศนา เขมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธา.

นฤมล ฉิมงาม. (2558). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการ
แก้ปัญหของโพลยาผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและ
พัฒนาหลักสูตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธบุรี.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

พนารัตน์ วัดไทยสงค์. (2544). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และ
แก้โจทย์ตามเทคนิคของโพลยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัทธนันท์ เจียเจริญ. (2559). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและ
สภาพยืดหยุ่นโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการแก้โจทย์
ปัญหาของโพลยาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนนครินทร์

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิค
การสอน. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

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

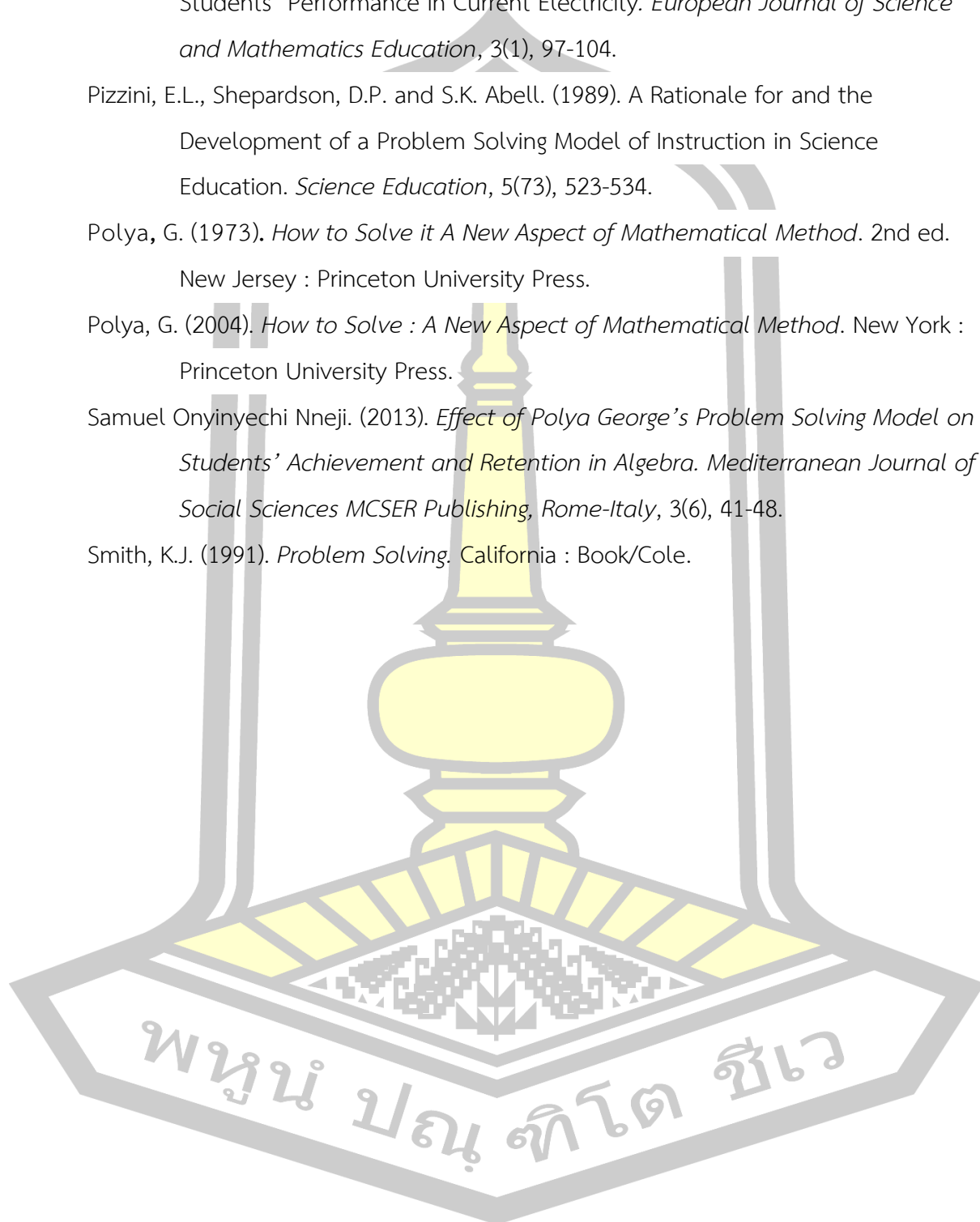
มณีนรัตน์ พันธดา. (2556). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบ SSCS ร่วมกับกระบวนการ
แก้ปัญหของ POLYA. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและ
การสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

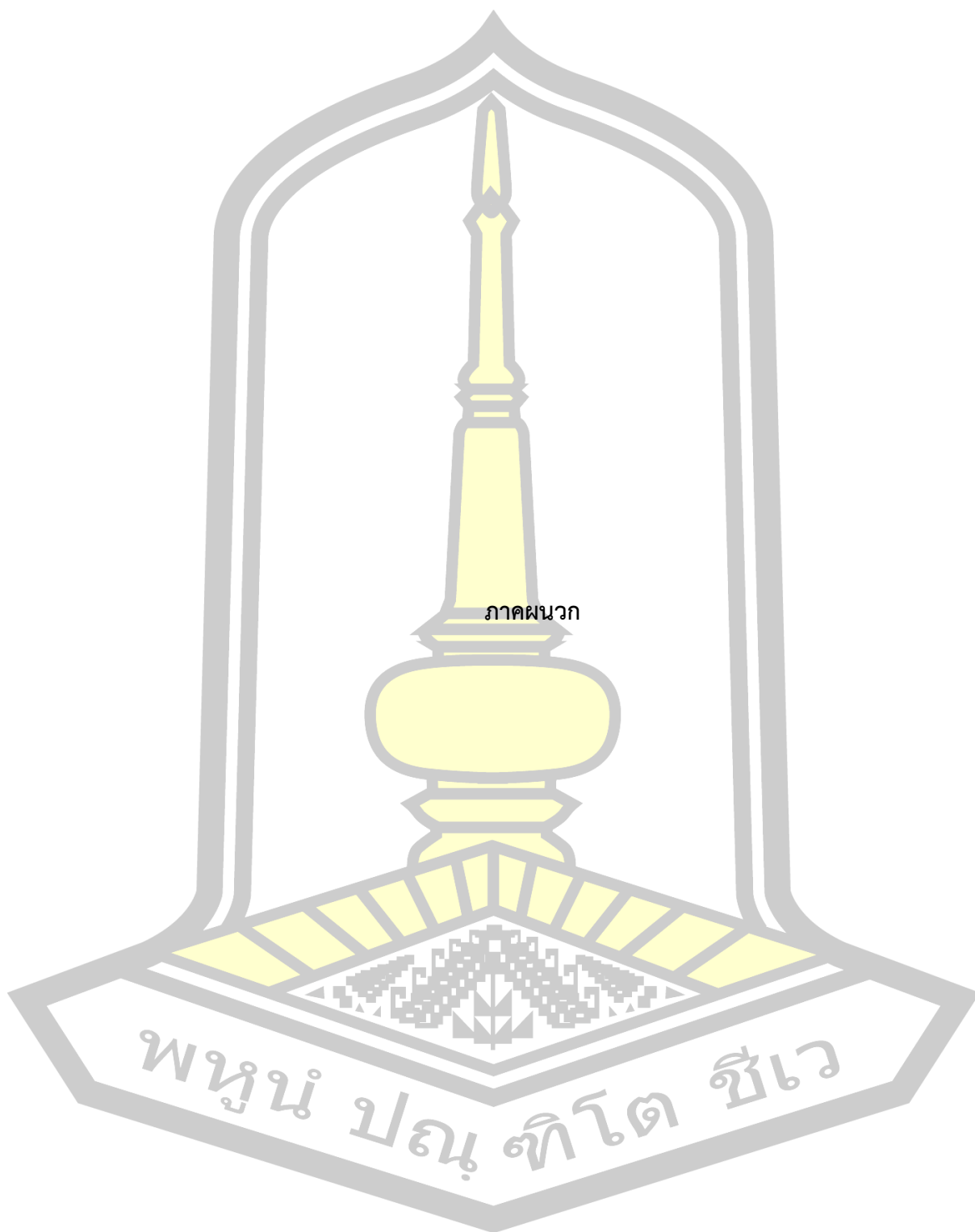
วรทัยา มณีนรัตน์ และปิยรัตน์ ดรบัณฑิต. (2560). การพัฒนาทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเคมี
เรื่อง กรด-เบส โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สมบัติ การจนารักษ์พงศ์. (2549). *เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง : กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ธารอักษร.
- สาโรช โสภีรักษ์. (2546). *นวัตกรรมการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ : บุ๊คพอยท์
- สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. (2544). *รายงานการวิจัยรูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง*. กรุงเทพฯ : รัตนพร.
- สิรินธร สินจินดาวงศ์. (2547). *วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ*. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://dspace.spu.ac.th/handle/123456789/1986>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 7 พฤศจิกายน 2561].
- สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่...เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียน*. กรุงเทพฯ : 9119 เทคนิคพรินต์.
- สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ. (2545). *การจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- สุพรรณิ วรรณนาเมธี. (2557). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนฮอดพิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและสถิติการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*
- สุพัฒนา โนทะนะ. (2556). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เรื่อง คลื่นเสียงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับชาติครั้งที่ 23. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.*
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *19 วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.*
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). *สาระร่วมสมัยทางวิทยาศาสตร์. ปัตตานี : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.*
- เสริมศรี ลักษณะศิริ. (2540). *หลักสูตรและการสอน*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนคร.
- หน่วยศึกษานิเทศก์. (2545). *เอกสารเสริมความรู้กลุ่มทักษะคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.*

- อรพินท์ ชื่นชอบ.(2549). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.*
- อาชิ ดราแม. (2558.) *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.*
- Banks, H.J. (1959). *Learning and Teaching Arithmetic*. New York : McGraw-Hill
- Bilgin, I. (2006). The Effects of Pair Problem Solving Technique Incorporating Polya's Problem Solving Strategy on Undergrad-Duate Students' Performance in Chemistry. *Journal of Science Education*, 7(2), 101-106.
- Bloom, B.S. (1987). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student*. New York : McGraw-Hill.
- Callahan, C.M. (1991). *The Assessment of Creativity in Calanglo, Nicholas, and Davis, Gary A.* Boston : Allyn and Bacon.
- Carin, A.A. and R.B. Sund. (1980). *Teaching Science Through Discovery*. Ohio : Charles E.
- Dahsah, C. (2007). Thai Grade 10 and 11 Students' Conceptual Understanding and Ability to Solve Stoichiometry Problems. *Research in Science and Technological Education*, 25(2), 227-241.
- Dewey, J. (1976). *Moral Principle in Education*. Boston : Houghton Mifflin.
- Dewey, J. (1980). *How we thing*. Massachusetts : Heat and Company.
- Dolsiane, M.P. (1975). *Modern School Mathematics : Structure and Method Course 2, New Edition ; Teacher Edition Teacher Edition by Dolcianetal*. Boston : Houghton Mifflin
- Hadgins, B. (1997). *Learning and Thinking*. Illinois : Peacock Publisher.
- Helton, F.F. (1958). *Introduction Mathematics*. New York : John Wiley and Son.
- Lamsdaine, E. and M. Lamsdaine. (1995). *Creative Problem Solving*. New York : McGraw-Hill.

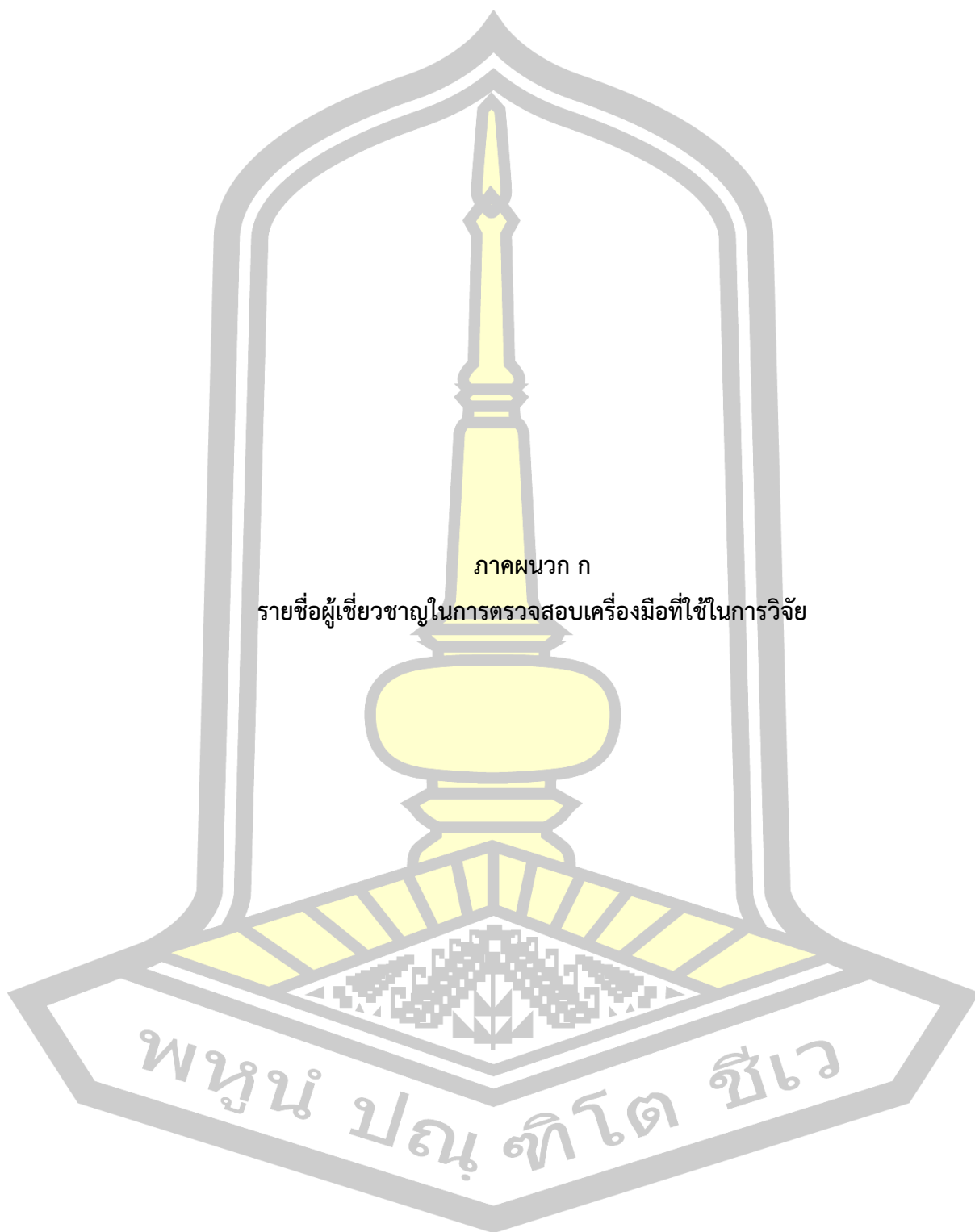
- Olaniyan. (2015). Effect of Polya Problem-Solving Model on Senior Secondary School Students' Performance in Current Electricity. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 97-104.
- Pizzini, E.L., Shepardson, D.P. and S.K. Abell. (1989). A Rationale for and the Development of a Problem Solving Model of Instruction in Science Education. *Science Education*, 5(73), 523-534.
- Polya, G. (1973). *How to Solve it A New Aspect of Mathematical Method*. 2nd ed. New Jersey : Princeton University Press.
- Polya, G. (2004). *How to Solve : A New Aspect of Mathematical Method*. New York : Princeton University Press.
- Samuel Onyinyechi Nneji. (2013). *Effect of Polya George's Problem Solving Model on Students' Achievement and Retention in Algebra*. *Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy*, 3(6), 41-48.
- Smith, K.J. (1991). *Problem Solving*. California : Book/Cole.





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พหุ ประทีป ชีวะ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชูกำแหง ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. อาจารย์ ดร.กันยรัตน์ สอนสุภาพ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ สีทานาม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
5. นางกิตติมา ยีวน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม





ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับ
เทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต สีเว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิชาเคมี รหัส ว30222

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสารสัมพันธ์

เรื่อง สารกำหนดปริมาณ 2

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

ผู้สอน นางสาวสุธิดา แสนวัง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 สอนวันที่.....

1. ผลการเรียนรู้

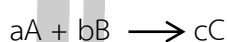
1. ระบุสารกำหนดปริมาณและคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมีได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้
3. นักเรียนตั้งใจเรียน

3. สารสำคัญ

ในปฏิกิริยาเคมี ต้องมีสารกำหนดปริมาณ โดยการคำนวณหาโมลของสารตั้งต้นที่จะทำปฏิกิริยาพอดีกัน เมื่อทราบสารกำหนดปฏิกิริยา สามารถคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้ มีวิธีคำนวณดังนี้



ถ้า A มี z mol และ B มี y mol

1. เขียนตารางการเริ่มต้นของสารแต่ละตัว
2. หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์

สาร A ; ถ้า A มี a mol สาร B = b mol

ถ้า A มี z mol สาร B = $(b \times z)/a$ mol

สาร B ; ถ้า B มี b mol สาร A = a mol

ถ้า B มี y mol สาร A = $(a \times y)/b$ mol

3. สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารตัวอื่น ในการเกิด

ผลิตภัณฑ์

4. จำนวนโมลของสารที่เหลือ = จำนวนโมลของสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้ (ที่ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ) - จำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้

4. สารกำหนดปริมาณ

สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารตัวอื่น ในการเกิดผลิตภัณฑ์ มีวิธีคำนวณดังนี้

1. เขียนตารางเริ่มต้นของสารแต่ละตัว
2. หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์
3. สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารตัวอื่น ในการเกิดผลิตภัณฑ์
4. จำนวนโมลของสารที่เหลือ = จำนวนโมลของสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้ (ที่ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ) - จำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้



ถ้า Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยากับ O_2 จำนวน 2.5 mol จงคำนวณสารกำหนด

ปริมาณ

วิธีทำ

		2Mg	+	O_2	\longrightarrow	2MgO
เริ่มต้น (mol)	6			2.5		-
เปลี่ยนแปลง(mol)						
คงเหลือ(mol)						

Mg 2 mol ใช้ $\text{O}_2 = 1 \text{ mol}$

Mg 6 mol ใช้ $\text{O}_2 = (6 \times 1)/2 = 3 \text{ mol}$

ถ้าใช้ Mg 6 mol จะใช้ $\text{O}_2 = 3 \text{ mol}$ ซึ่งโจทย์กำหนดให้ $\text{O}_2 = 2.5 \text{ mol}$ O_2 จึงไม่พอ ดังนั้น Mg ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ

O_2 1 mol ใช้ Mg = 2 mol

O_2 2.5 mol ใช้ Mg = $(2.5 \times 2)/1 = 5 \text{ mol}$

ถ้าใช้ O_2 2.5 mol จะใช้ Mg = 5 mol ซึ่งโจทย์กำหนดให้ Mg = 6 mol Mg จึงเหลือ ดังนั้น O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ

	2Mg	+	O ₂	→	2MgO
เริ่มต้น (mol)	6		2.5		-
เปลี่ยนแปลง(mol)	-5		-2.5		+5
คงเหลือ(mol)	6 - 5 = 1		2.5 - 2.5 = 0		5

ตอบ ดังนั้น O₂ เป็นสารกำหนดปริมาณ และเหลือ Mg = 1 mol

5. กิจกรรม/กระบวนการเรียนการสอน

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูกำหนดบทบาทสมมติ โดยยกตัวอย่างการทำแซนด์วิช โดยกำหนดให้การทำแซนด์วิช 1 ชิ้น ต้องใช้ขนมปัง 2 แผ่น และหมู 2 ชิ้น แต่มีวัตถุดิบในการทำแซนด์วิชเป็นขนมปัง 20 แผ่น และหมู 40 ชิ้น จากนั้นให้นักเรียนลองทำแซนด์วิชจริง หรือลองวาดภาพแซนด์วิชที่จะทำได้ และร่วมกันอภิปรายว่าวัตถุดิบที่มีสามารถทำแซนด์วิชได้กี่ชิ้น

1) จากวัตถุดิบที่มีให้ นักเรียนสามารถทำแซนด์วิชได้กี่ชิ้น เพราะอะไร

(แนวตอบ : ทำแซนด์วิชได้ 10 ชิ้น เนื่องจากขนมปังหมดก่อน จึงมีวัตถุดิบไม่เพียงพอในการทำแซนด์วิชชิ้นต่อไป)

2) จากวัตถุดิบที่มีเหลือจากทำแซนด์วิชคืออะไร และเหลือทำอะไร

(แนวตอบ : หมู เหลือ 10 ชิ้น)

1.2 ถ้าเปรียบเทียบวัตถุดิบแต่ละชนิด (ขนมปัง และหมู) เป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วเข้ามาทำปฏิกิริยากัน เช่น $2\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MgO}$

ถ้ากำหนดให้ Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยากับ O₂ จำนวน 2.5 mol จะมีลักษณะคล้ายกับการทำแซนด์วิชหรือไม่ และสามารถหาสารที่เหลือได้หรือไม่

(แนวตอบ : ตามแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน โดยที่ครูยังไม่บอกคำตอบ เพื่อให้ นักเรียนศึกษาในลำดับต่อไป)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนเพื่อศึกษาเรื่อง สารกำหนดปริมาณ โดยแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรมดังนี้

กิจกรรมที่ 1 นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 19 คน แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม ดังนี้

1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเล่นเกมเก้าอี้ดนตรี โดยนำเก้าอี้ 10 ตัว

มาเรียงเป็นวงกลม

2) ให้แต่ละกลุ่มเริ่มเล่นเกมเก้าอี้ดนตรี โดยเปิดเพลงหรือร้องเพลงไปด้วย เมื่อเสียงเพลงจบแล้ว ให้นับจำนวนนักเรียนที่มีเก้าอี้นั่ง และนักเรียนที่ไม่มีเก้าอี้นั่ง

กิจกรรมที่ 2 นักเรียนจับคู่ ทำใบงานคู่สารกำหนดปริมาณ

2.2 นักเรียนแต่ละคู่เตรียมนำเสนอความรู้ที่ได้ในการศึกษาสารกำหนดปริมาณ โดยเขียนเป็นสรุปแบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เกมเก้าอี้ดนตรีวิธีสรุปให้ตอบในลักษณะความสัมพันธ์ของสารตั้งต้น 2 ตัว ที่กำหนดให้เกิดผลิตภัณฑ์และสารที่เหลือ ส่วนขั้นตอนที่ 2 ให้นักเรียนสรุปวิธึหาสารที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา ลงในกระดาษ A4 1 แผ่นการตอบคำถามจากใบงานคู่ มีครูผู้สอนคอยแนะนำ

ขั้นที่ 3 ชั้นอภิปรายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละคู่ออกมานำเสนอผลการศึกษาของกลุ่มตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ที่กระดานหน้าห้อง

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสารกำหนดปริมาณ ตอนที่ 1 เก้าอี้ดนตรี โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนสามารถนั่งเก้าอี้ได้กี่คน แล้วมีอีกกี่คนที่ไม่มีเก้าอี้นั่ง
(แนวตอบ : นักเรียนนั่งเก้าอี้ได้ 20 คน ส่วนนักเรียนที่เหลือไม่มีเก้าอี้นั่ง)
- นักเรียนหรือเก้าอี้เป็นตัวกำหนดการนั่งของนักเรียน
(แนวตอบ : เก้าอี้เป็นตัวกำหนดการนั่งของนักเรียน)
- ถ้าทราบตัวกำหนดการนั่งของนักเรียนได้ สามารถหาจำนวนนักเรียนที่ยังไม่ได้นั่งได้หรือ
มากนักเรียนทั้งหมด
(แนวตอบ : ได้ โดย จำนวนนักเรียนทั้งหมด - จำนวนเก้าอี้เป็นตัวกำหนดการนั่ง
ของนักเรียน)

- นักเรียนสามารถหาสารที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเคมีได้หรือไม่ อย่างไร
(แนวตอบ : ได้ เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณ)

- สรุปหาสารที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร
(แนวตอบ : จำนวนโมลของสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้ที่ไม่ใช่สารกำหนด
ปริมาณ) - จำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้)

3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสารกำหนดปริมาณ ตอนที่ 2 โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- ใช้ Mg 6 mol จะใช้ $O_2 = 3 \text{ mol}$ ซึ่งโจทย์กำหนดให้ $O_2 = 2.5 \text{ mol}$ O_2
พอใช้หรือไม่

(แนวตอบ : ไม่)

- ถ้า O_2 ไม่พอใช้ Mg เป็นตัวกำหนดปฏิกิริยาหรือไม่
(แนวตอบ : ไม่)
- ใช้ O_2 2.5 mol จะใช้ Mg = 5 mol ซึ่งโจทย์กำหนดให้ Mg = 6 mol Mg
พอใช้หรือไม่
(แนวตอบ : พอใช้ และเหลือ อีก 1 mol)
- ถ้า Mg พอใช้ O_2 เป็นตัวกำหนดปฏิกิริยาหรือไม่
(แนวตอบ : เป็นตัวกำหนด)
- ขั้นตอนแรกในการหาสารกำหนดปริมาณต้องทำอะไรก่อน
(แนวตอบ : เขียนตารางจำนวนโมลการเริ่มต้นของสารแต่ละตัวที่โจทย์กำหนดให้)
- เมื่อทราบจำนวนโมลการเริ่มต้นต้องหาจำนวนของสารตั้งต้นอีกหนึ่งตัวได้ด้วยวิธีใด
(แนวตอบ : เทียบบัญญัติไตรยางค์)
- เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณจะหาสารที่เหลือจากหลังการทำปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร
(แนวตอบ : จำนวนโมลของสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้(ที่ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ) - จำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้)
- เมื่อทราบจำนวนโมลของสารตั้งต้นต้องการหาสารกำหนดปริมาณต้องทำอย่างไร
(แนวสรุป : เขียนตารางจำนวนโมลการเริ่มต้นของสารแต่ละตัวที่โจทย์กำหนดให้ จากนั้นหาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์ จะได้สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารตัวอื่น ในการเกิดผลิตภัณฑ์ จากนั้นหา จำนวนโมลของสารที่เหลือ = จำนวนโมลของสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้(ที่ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ) - จำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1. นักเรียนประยุกต์ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับปฏิกิริยาในที่ใกล้เคียงกับหลักการคำนวณเดิม ในใบงานที่ 1 สารกำหนดปริมาณ โดยให้นักเรียนช่วยนักศึกษาคณหนึ่งที่ต้องการทราบว่า สารใดเหลือจากการเผาไหม้แก๊สมีเทนและเหลืออยู่เท่าใด ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแก๊สมีเทน เกิดขึ้นโดยใช้แก๊สมีเทน (CH_4) 1 mol เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน (O_2) 2 mol ถ้าในห้องปฏิบัติการนักศึกษาคณนี้มีแก๊สมีเทน (CH_4) 8 g เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊ส

ออกซิเจน (O₂) 48 g นักเรียนช่วยนักศึกษาค้นคิดหน้อยว่าสารใดเป็นสารสุทธิและเหลือเท่าใด หลังจากทำปฏิกิริยาในครั้งนี้

4.2 ครูสุ่มนักเรียนมาเฉลยใบงานที่ 1 สารกำหนดปริมาณ โดยครูคอยตรวจสอบวิธีการ และคำตอบเมื่อทำผิดพลาด และของเสนอแนะถึงข้อผิดพลาด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน

5.1 นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบเรื่องปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี

5.2 นักเรียนเลขเกมส์ 24 คือ นักเรียนแต่ละคนนับเลขได้ไม่เกิน 3 จำนวนติดกัน

ใครนับได้ 24 ออกมาเป็นตัวแทนเฉลยแบบทดสอบเรื่องสารกำหนดปริมาณ (ได้ตัวแทนรอบละ 1 คน จะเล่นทั้งหมด 3 รอบ)

5.3 นักเรียนออกมาเฉลยแบบทดสอบเรื่องสารกำหนดปริมาณ บนกระดานหน้าห้อง โดยแบบคนละครึ่งกระดาษ เพื่อให้ นักเรียนที่นั่งอยู่คอยตรวจสอบวิธีการและคำตอบของตนเองและเพื่อน โดยครูคอยตรวจสอบวิธีการและคำตอบเมื่อทำผิดพลาด และของเสนอแนะถึงข้อผิดพลาด

6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
- แบบทดสอบเรื่องสารกำหนดปริมาณ 2
- ใบงานคู่สารกำหนดปริมาณ 2
- ใบงานที่ 1 สารกำหนดปริมาณ 2

7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
1.นักเรียนสามารถอธิบายวิธีหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้	ตรวจสอบคำตอบแบบทดสอบ จากตอนที่ 1	แบบทดสอบ	นักเรียนได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบได้ตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป จาก 3 คะแนน
2.นักเรียนสามารถคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้	ตรวจแบบทดสอบจากตอนที่ 2	แบบทดสอบ	นักเรียนได้คะแนนแบบทดสอบได้ตั้งแต่ 12 คะแนน ขึ้นไป จาก 17 คะแนน

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
3. นักเรียนตั้งใจเรียน	สังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ระดับดี

8. เอกสารอ้างอิง

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
- คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้สอน.....

(.....)

ข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางสาวกิตติมา ยี่ชวน)

ครูพี่เลี้ยง

...../...../.....

ความเห็นและข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางจันทร์เพ็ญ คุณสมบัติ)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

...../...../.....

ความเห็นและข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

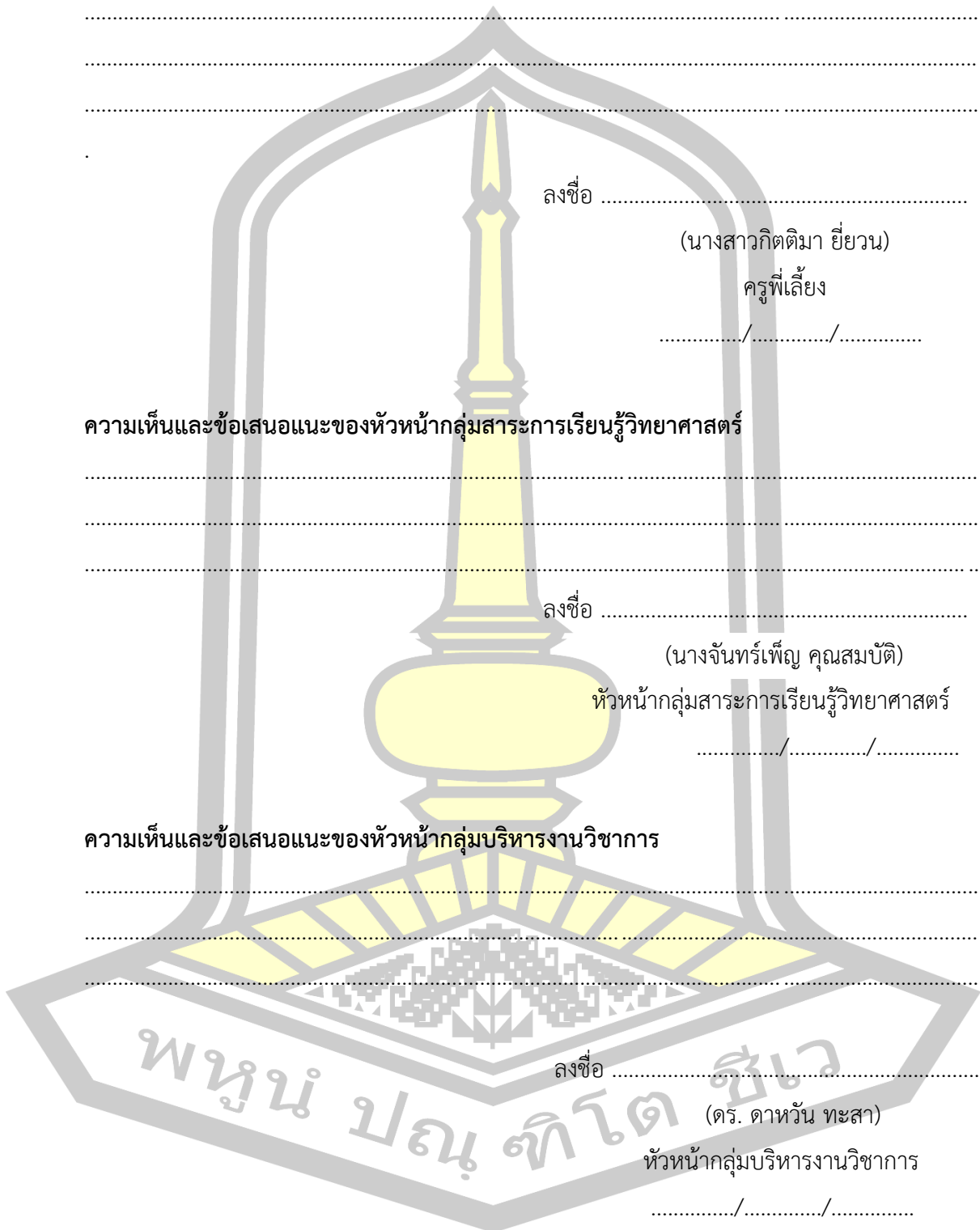
.....

ลงชื่อ

(ดร. ดาหวัน ทะสา)

หัวหน้ากลุ่มบริหารงานวิชาการ

...../...../.....



ความเห็นและข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นายบัณฑิต ฤทธิศรี)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

...../...../.....

ความเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการ

.....

.....

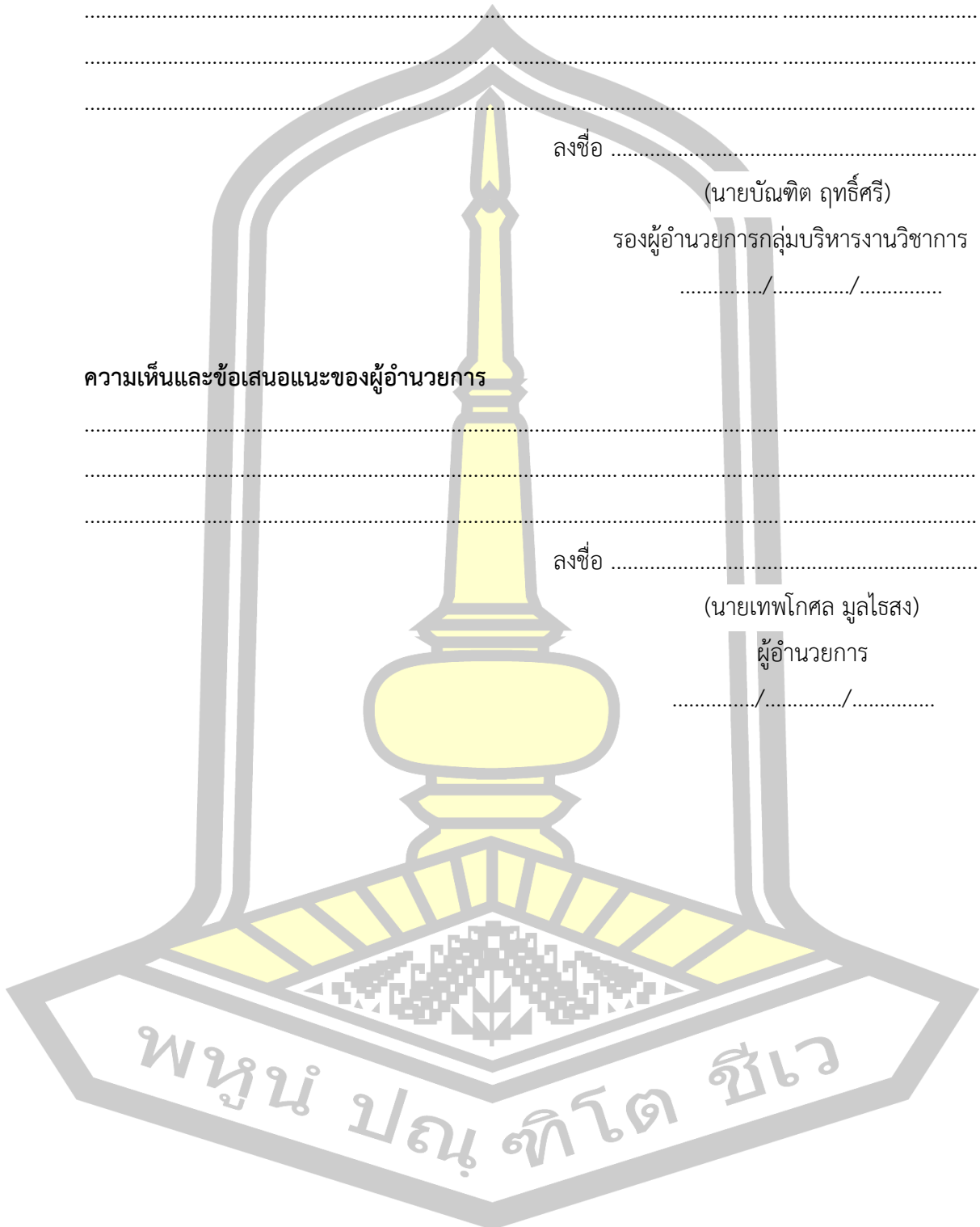
.....

ลงชื่อ

(นายเทพโกศล มูลไธสง)

ผู้อำนวยการ

...../...../.....



เกณฑ์การประเมินด้านความรู้นักเรียนแบบทดสอบสารกำหนดปริมาณ 2

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก(3)	ดี(2)	พอใช้(1)	ปรับปรุง(0)
อธิบายวิธีหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้	บอกวิธีหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้ถูกต้อง	บอกวิธีหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้บางขั้นตอน	อธิบายข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหาจำนวนโมลของสารที่เหลือได้บางขั้นตอน	ไม่อธิบาย

เกณฑ์การประเมินทักษะของนักเรียนแบบทดสอบสารกำหนดปริมาณ 2

รายงานที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. ชั้นทำความเข้าใจปัญหา			
1.1 ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการ	ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ถูกต้องและชัดเจน	ระบุข้อความบางส่วน of สิ่งที่โจทย์ต้องการ	ไม่ระบุสิ่งที่โจทย์หรือไม่เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการ
1.2 ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด	ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้แต่ยังไม่ชัดเจนหรือระบุได้เพียงบางส่วนไม่ครอบคลุมทั้งหมด	ไม่ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้



รายงานที่ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
2. ขึ้นวางแผนแก้ปัญหา				
2.1 แสดง สมการที่ เกี่ยวข้องในการ ทำโจทย์	สามารถแสดง สมการที่เกี่ยวข้อง ในการทำโจทย์ได้ ถูกต้อง	แสดงสมการที่ เกี่ยวข้องในการ ทำโจทย์แต่สลับ ขั้นตอน	แสดงสมการที่ เกี่ยวข้องกับโจทย์ แต่ไม่ครบทุก ขั้นตอน	ไม่มีการแสดง สมการ
2.2 กำหนด วิธีการหรือ ขั้นตอนในการ ทำโจทย์	วิธีการหรือ ขั้นตอนสามารถ นำไปสู่สิ่งที่โจทย์ ต้องการได้ ครบถ้วน	วิธีการหรือ ขั้นตอนที่ เกี่ยวข้องที่ สามารถนำไปสู่สิ่ง ที่โจทย์ต้องการได้ เพียงขั้นตอนแรก	วิธีการหรือ ขั้นตอนไม่ สามารถนำไปสู่สิ่ง ที่โจทย์ต้องการได้	ไม่มีหรือไม่เขียน วิธีการหรือ ขั้นตอนในการทำ โจทย์

รายงานที่ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
3. ขึ้นดำเนินการตามแผน				
3.1 คำนวณหาค่าจากสมการ	แทนค่าในสมการ และคำนวณค่า จากสมการได้ ถูกต้อง	แทนค่าในสมการ ถูกต้องแต่คำนวณ ค่าจากสมการไม่ ถูกต้อง	แทนค่าในสมการ ไม่ถูกต้องและ คำนวณค่าจาก สมการไม่ถูกต้อง	ไม่มีการแทนค่าใน สมการและ คำนวณค่าจาก สมการ
3.2 สรุปลำดับ ตามสิ่งที่โจทย์ ต้องการ	สรุปลำดับและ หน่วยได้ตามสิ่งที่ โจทย์ต้องการ ถูกต้อง	สรุปลำดับตาม สิ่งที่โจทย์ต้องการ ได้ถูกต้องแต่ไม่มี การใส่หน่วยหรือ ใส่หน่วยผิด	สรุปลำดับตาม สิ่งที่โจทย์ต้องการ ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการสรุป คำตอบ

รายงานที่ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
4. ชั้นตรวจสอบ				
4.1 สำรวจ ความถูกต้อง และสมเหตุผล ของคำตอบ	มีขั้นตอนการ ตรวจสอบความ ถูกต้องของ คำตอบครบและ สามารถยืนยัน ความถูกต้องได้	มีขั้นตอนการ ตรวจสอบความ ถูกต้องของ คำตอบครบทุก ขั้นตอนแต่ไม่ สามารถยืนยัน ความถูกต้องของ คำตอบได้ เนื่องจากคำนวณ ผิดหรือแทนค่าผิด	ขั้นตอนการ ตรวจสอบความ ถูกต้องของ คำตอบไม่ครบ และไม่สามารถ ยืนยันความ ถูกต้องได้	ไม่มีการ ตรวจสอบความ ถูกต้องของ คำตอบ



แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		2	1	0
1	ความตั้งใจในการเรียน	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	ทำงานทันตามกำหนดเวลา	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	มีส่วนร่วมในกิจกรรม	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
รวม				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ประเด็นที่ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ความตั้งใจในการเรียน	สนใจในการเรียนและไม่เล่นกันในขณะเรียน	สนใจในการเรียนแต่เล่นกันในขณะเรียน 2 ครั้ง	ไม่สนใจในการเรียนและเล่นกันในขณะเรียน ตั้งแต่ 3 ครั้งขึ้นไป
ทำงานทันตามกำหนดเวลา	ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและถูกต้องชัดเจน	ส่งงานช้า	ไม่ส่งงาน
มีส่วนร่วมในกิจกรรม	ร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรมเป็นประจำ	ร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม เป็น 1 - 2 ครั้ง	ไม่มีความร่วมมือในขณะทำกิจกรรม

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
5-6	ดี
3-4	พอใช้
ต่ำกว่า 3	ปรับปรุง

ใบงานคู่สารกำหนดปริมาณ 2

ตอนที่ 1 แก้อีตันตรี

1) นักเรียนสามารถนั่งเก้าอี้ได้กี่คน แล้วมีอีกกี่คนที่ไม่มีเก้าอี้นั่ง

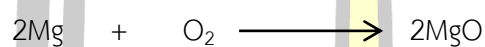
.....

2) นักเรียนหรือเก้าอี้เป็นตัวกำหนดการนั่งของนักเรียน

.....

ตอนที่ 2

ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยากับ O_2 จำนวน 2.5 mol จงคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือ โดยตอบคำถามทีละข้อต่อไปนี้

1. ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 กี่โมล

1. โจทย์ถามหาอะไร

.....

2. โจทย์กำหนดอะไรมาให้

.....

3. ขั้นตอนหรือวิธีการหรือสูตรที่ใช้คำนวณ

.....

4 แสดงวิธีหาคำตอบและสรุปคำตอบ

.....

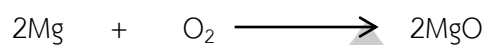
5. ตรวจสอบคำตอบ

.....

.....

พูนุ ษณุ จิต ธิเว

2. ปฏิกริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า O_2 จำนวน 2.5 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Mg กี่โมล

1. โจทย์ถามหาอะไร

.....

2. โจทย์กำหนดอะไรมาให้

.....

3. ขั้นตอนหรือวิธีการหรือสูตรที่ใช้คำนวณ

.....

4. แสดงวิธีหาคำตอบและสรุปคำตอบ

.....

.....

5. ตรวจสอบคำตอบ

.....

3. จงเติมคำตอบจากข้อ 1 และ 2 ลงในตารางต่อไปนี้

	2Mg	+	O ₂	→	2MgO
เริ่มต้น (mol)	6		2.5		
เปลี่ยนแปลง(mol) ใช้ Mg จำนวน 6 mol					
เปลี่ยนแปลง(mol) ใช้ O ₂ จำนวน 2 mol					
คงเหลือ					

สารใดที่มีความเป็นไปได้ในการเกิดผลิตภัณฑ์ระหว่าง H_2 จำนวน 6 mol กับ O_2 จำนวน 2 mol

.....

สารใดเหลือและเหลือเท่าไร

.....

เฉลยใบงานคู่สารกำหนดปริมาณ 2

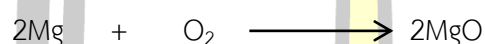
ตอนที่ 1 แก้อีตันตรี

1)นักเรียนสามารถนั่งเก้าอี้ได้กี่คน แล้วมีอีกกี่คนที่ไม่มีเก้าอี้นั่ง
.....10 คนที่ได้นั่ง ไม่ได้นั่ง 9 คน.....

2)นักเรียนหรือเก้าอี้เป็นตัวกำหนดการนั่งของนักเรียน
.....เก้าอี้.....

ตอนที่ 2

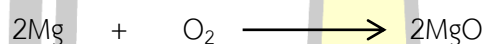
ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยากับ O_2 จำนวน 2.5 mol จงคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือ

โดยตอบคำถามที่ละข้อต่อไปนี้

1. ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 กี่โมล

1. โจทย์ถามหาอะไร..... O_2 กี่โมล.....
2. โจทย์กำหนดอะไรมาให้..... $2\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MgO}$ และ Mg จำนวน 6 mol.....
3. ขั้นตอนหรือวิธีการหรือสูตรที่ใช้คำนวณ หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบ

บัญญัติไตรยางศ์

4. แสดงวิธีหาคำตอบและสรุปคำตอบ

$$\text{Mg } 2 \text{ mol ใช้ } \text{O}_2 = 1 \text{ mol}$$

$$\text{Mg } 6 \text{ mol ใช้ } \text{O}_2 = (6 \times 1)/2 = 3 \text{ mol}$$

ถ้าใช้ Mg 6 mol จะใช้ $\text{O}_2 = 3 \text{ mol}$ ซึ่งโจทย์กำหนดให้ $\text{O}_2 = 2.5 \text{ mol}$ จึงไม่พอ ดังนั้น Mg ไม่ใช้สารกำหนดปริมาณ

5. ตรวจสอบคำตอบ

$$\text{Mg } 2 \text{ mol ใช้ } \text{O}_2 = 1 \text{ mol}$$

$$\text{Mg } 5 \text{ mol ใช้ } \text{O}_2 = (5 \times 1)/2 = 2.5 \text{ mol}$$

2. ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า O_2 จำนวน 2.5 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Mg กี่โมล

1. โจทย์ถามหาอะไร..... Mg กี่โมล.....

2. โจทย์กำหนดอะไรมาให้ $2\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MgO}$ และ O_2 จำนวน 2.5 mol...

3. ขั้นตอนหรือวิธีการหรือสูตรที่ใช้คำนวณ.....หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบ

บัญญัติไตรยางค์.....

4. แสดงวิธีหาคำตอบและสรุปคำตอบ

O_2 1 mol ใช้ Mg = 2 mol

O_2 2.5 mol ใช้ Mg = $(2.5 \times 2)/1 = 5$ mol

ถ้าใช้ O_2 2.5 mol จะใช้ Mg = 5 mol ซึ่งโจทย์กำหนดให้ Mg = 6 mol Mg จึงเหลือ ดังนั้น O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ

5. ตรวจสอบคำตอบ

Mg 2 mol ใช้ O_2 = 1 mol

Mg 5 mol ใช้ O_2 = $(5 \times 1)/2 = 2.5$ mol

3. จงเติมคำตอบจากข้อ 1 และ 2 ลงในตารางต่อไปนี้

	2Mg	+	O_2	\longrightarrow	2MgO
เริ่มต้น (mol)	6		2.5		
เปลี่ยนแปลง(mol) ใช้ Mg จำนวน 6 mol	6		3		
เปลี่ยนแปลง(mol) ใช้ O_2 จำนวน 2 mol	5		2.5		
คงเหลือ	$6 - 5 = 1$		$2.5 - 2.5 = 0$		

สารใดที่มีความเป็นไปได้ในการเกิดผลิตภัณฑ์ระหว่าง Mg จำนวน 6 mol กับ O_2 จำนวน 2 mol
..... O_2 จำนวน 2 mol.....

สารใดเหลือและเหลือเท่าไร

.....Mg เหลือ 1 mol.....

ปณ ทั โต ชี เว

ใบงานที่ 1 สารกำหนดปริมาณ 2

ถ้าให้แก๊สมีเทน (CH_4) 8 g เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน (O_2) 48 g ดังสมการเคมี



จงคำนวณหาจำนวนมวลของสารที่เหลือ

จงคำนวณสารกำหนดปริมาณ

1. โจทย์ถามหาอะไร

2. โจทย์กำหนดอะไรมาให้

3. ขั้นตอนหรือวิธีการหรือสูตรที่ใช้คำนวณ

4. แสดงวิธีหาคำตอบและสรุปคำตอบ

5. ตรวจสอบคำตอบ



เฉลยใบงานที่ 1 สารกำหนดปริมาณ 2

ถ้าให้แก๊สมีเทน (CH_4) 8 g เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน (O_2) 48 g ดังสมการเคมี



จงคำนวณหาจำนวนมวลของสารที่เหลือ

1. โจทย์ถามหา จำนวนมวลของสารที่เหลือ
2. โจทย์กำหนด $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, CH_4 8 g และ O_2 48 g
3. วิธีการหรือสูตรที่ใช้
 1. หาจำนวนโมล จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)
 2. หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์
 3. จำนวนโมลของสารที่เหลือ = สารจากโจทย์ - สารที่ใช้ไป
 4. หามวลของสารที่เหลือ จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

4. แสดงวิธีทำ

O_2 ; จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

$$\text{จำนวนโมล} = 48 \text{ g} / 32 \text{ g/mol}$$

$$\text{จำนวนโมล} = 1.5 \text{ mol}$$

CH_4 ; จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

$$\text{จำนวนโมล} = 8 \text{ g} / 16 \text{ g/mol}$$

$$\text{จำนวนโมล} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{CH}_4 \text{ 1 mol ใช้ } \text{O}_2 = 2 \text{ mol}$$

$$\text{CH}_4 \text{ 0.5 mol ใช้ } \text{O}_2 = (0.5 \times 2) / 1 = 1 \text{ mol}$$

ถ้าใช้ CH_4 0.5 mol จะใช้ $\text{O}_2 = 1. \text{ mol}$ ซึ่งโจทย์กำหนดให้ $\text{O}_2 = 1.5 \text{ mol}$ O_2 จึงเหลือ ดังนั้น

CH_4 เป็นสารกำหนดปริมาณ

	CH_4	+	2O_2	\longrightarrow	CO_2	+	$2\text{H}_2\text{O}$
เริ่มต้น (mol)	0.5		1.5		-		-
เปลี่ยนแปลง(mol)	-0.5		-1		+0.5		+1
คงเหลือ(mol)	0		$1.5 - 1 = 0.5$		0.5		1

จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

$$0.5 \text{ mol} = \text{น้ำหนัก} / 44 \text{ g/mol}$$

$$\text{น้ำหนัก} = 22 \text{ g}$$

ตอบ เหลือ $\text{O}_2 = 22 \text{ g}$

5. ตรวจสอบคำตอบ

$$\text{จำนวนโมล} = \text{น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)}$$

$$\text{จำนวนโมล} = 22 \text{ g}/44 \text{ g/mol}$$

$$\text{จำนวนโมล} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{จำนวนโมลของสารที่เหลือ} = \text{สารจากโจทย์} - \text{สารที่ใช้ไป}$$

$$0.5 \text{ mol} = 1.5 \text{ mol} - \text{สารที่ใช้ไป}$$

$$\text{สารที่ใช้ไป} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{CO}_2 \quad 2 \text{ mol} \quad \text{ใช้} \quad \text{CH}_4 \quad = 1 \text{ mol}$$

$$\text{CO}_2 \quad 1 \text{ mol} \quad \text{ใช้} \quad \text{CH}_4 \quad = (1 \times 1)/2 = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{จำนวนโมล} = \text{น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)}$$

$$0.5 \text{ mol} = \text{น้ำหนัก} / 16 \text{ g/mol}$$

$$\text{น้ำหนัก} = 8 \text{ g}$$



แบบทดสอบเรื่องสารกำหนดปริมาณ 2

ตอนที่ 1

จงบอกวิธีหาสารที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยา

.....

.....

.....

ตอนที่ 2

ถ้านำ Al 81 กรัม ผสมกับ MnO 142 กรัม เกิดปฏิกิริยาดังสมการ



จงคำนวณหาจำนวนมวลของสารที่เหลือ

1. โจทย์ถามหาอะไร
2. โจทย์กำหนดอะไรมาให้
3. ขั้นตอนหรือวิธีการหรือสูตรที่ใช้คำนวณ
4. แสดงวิธีหาคำตอบและสรุปคำตอบ
5. ตรวจสอบคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พูนุ ปณฺ ทิโต ชเว

เฉลยแบบทดสอบเรื่องสารกำหนดปริมาณ 2

ตอนที่ 1

จงบอกวิธีหาสารที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยา

1. หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์
2. จำนวนโมลของสารที่เหลือ = จำนวนโมลของสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้(ที่ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ) - จำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้

ตอนที่ 2

ถ้านำ Al 81 กรัม ผสมกับ MnO 142 กรัม เกิดปฏิกิริยาดังสมการ



จงคำนวณหาจำนวนมวลของสารที่เหลือ

1. โจทย์ถามหา จำนวนมวลของสารที่เหลือ
2. โจทย์กำหนด $2\text{Al} + 3\text{MnO} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Mn}$ กับ Al 81 กรัม และ MnO 142 กรัม
3. วิธีการหรือสูตรที่ใช้

1. หาจำนวนโมล จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)
2. หาสารกำหนดปริมาณ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์
3. จำนวนโมลของสารที่เหลือ = สารจากโจทย์ - สารที่ใช้ไป
4. หามวลของสารที่เหลือ จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

4. แสดงวิธีทำ

Al ; จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

$$\text{จำนวนโมล} = 81 \text{ g} / 27 \text{ g/mol}$$

$$\text{จำนวนโมล} = 3 \text{ mol}$$

MnO ; จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

$$\text{จำนวนโมล} = 142 \text{ g} / 71 \text{ g/mol}$$

$$\text{จำนวนโมล} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{Al } 2 \text{ mol ใช้ MnO} = 3 \text{ mol}$$

$$\text{Al } 3 \text{ mol ใช้ MnO} = (3 \times 3)/2 = 4.5 \text{ mol}$$

ถ้าใช้ Al 3 mol ใช้ MnO = 4.5 mol ซึ่งโจทย์กำหนดให้ MnO = 2 mol MnO ไม่พอใช้ ดังนั้น Al ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ

$$\text{MnO } 3 \text{ mol ใช้ Al} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{MnO } 2 \text{ mol ใช้ Al} = (2 \times 2)/3 = 1.3 \text{ mol}$$

ถ้าใช้ MnO 2 mol ใช้ Al = 1.3 mol ซึ่งโจทย์กำหนดให้ Al = 3 mol Al จึงเหลือ ดังนั้น MnO เป็นสารกำหนดปริมาณ

	2Al	+ 3MnO	→ Al ₂ O ₃	+ 3Mn
เริ่มต้น (mol)	3	2	-	-
เปลี่ยนแปลง (mol)	$-(2 \times 2)/3 = -1.3$	-2	+0.7	+2
คงเหลือ(mol)	$3 - 1.3 = 1.7$	0	0.7	2

จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

1.7 mol = น้ำหนัก/27g/mol

น้ำหนัก = 45.9 g

ตอบ เหลือ Al = 45.9 g

5. ตรวจสอบคำตอบ

จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

จำนวนโมล = 45.9 g/27 g/mol

จำนวนโมล = 1.7 mol

จำนวนโมลของสารที่เหลือ = สารจากโจทย์ - สารที่ใช้ไป

1.7 mol = 3 mol - สารที่ใช้ไป

สารที่ใช้ไป = 1.3 mol

Al 2 mol ใช้ MnO = 3 mol

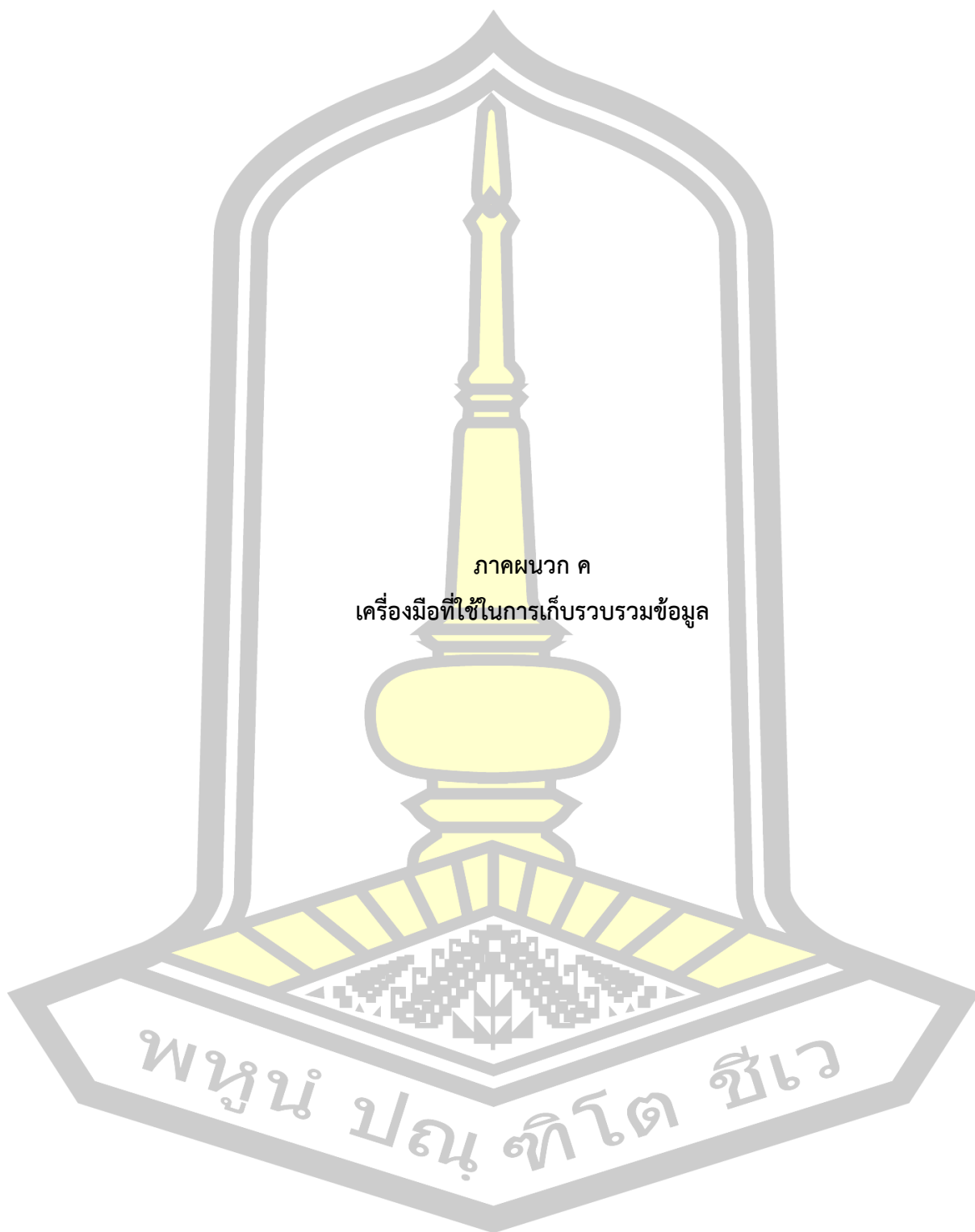
Al 1.3 mol ใช้ MnO = $(1.3 \times 3)/2 = 2$ mol

จำนวนโมล = น้ำหนัก/มวลโมลาร์ (g/mol)

2 mol = น้ำหนัก /71 g/mol

น้ำหนัก = 142 g

พูน ปณ กิโต ชิว



ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์วงจรปฏิบัติการที่ 1

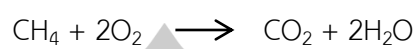
1. ทำปฏิกิริยาพอดีกัน โดยมีจำนวนดังสมการ



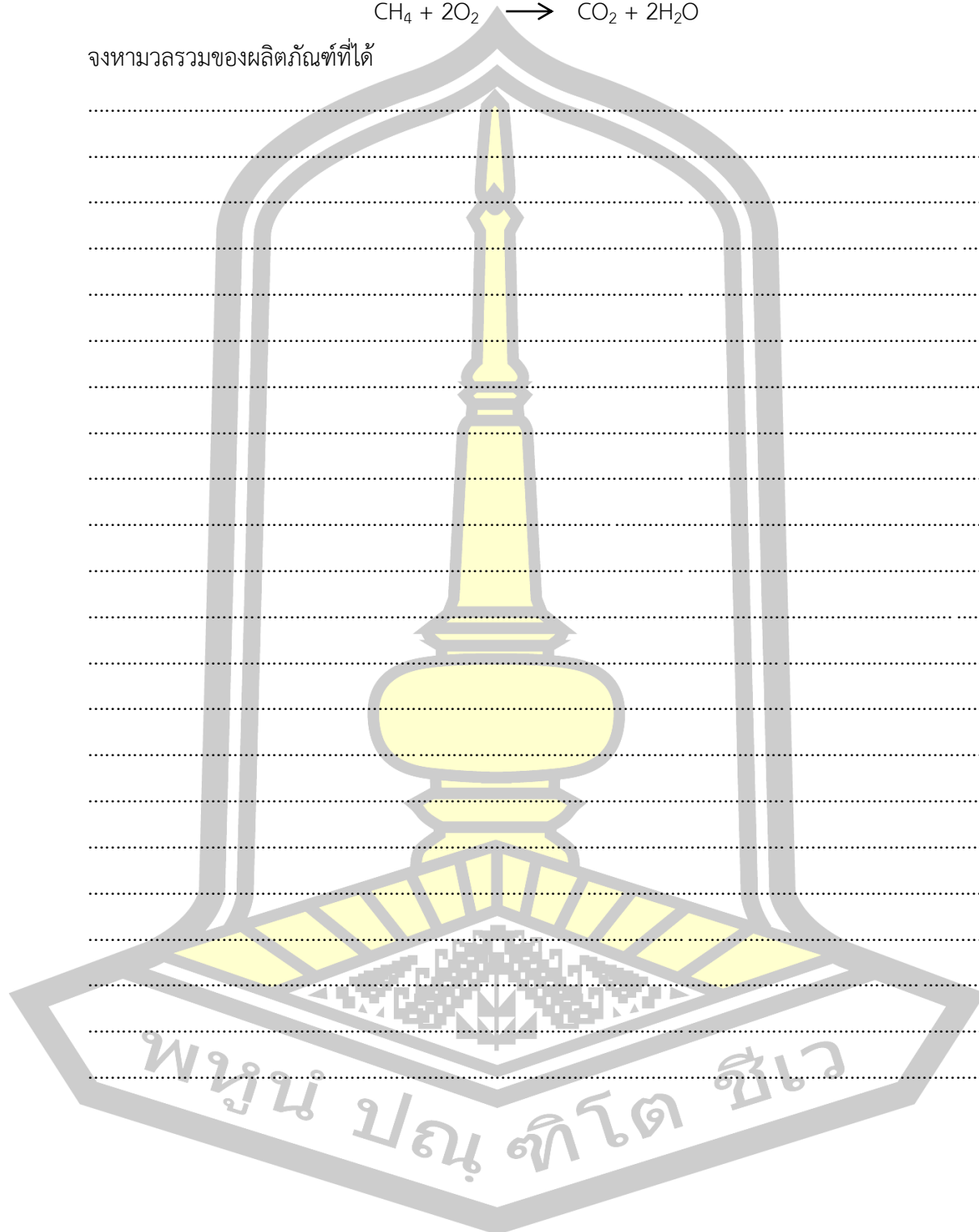
จงหามวลรวมของผลิตภัณฑ์ที่ได้



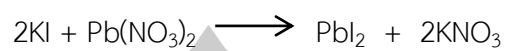
2. ถ้านำสารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยาพอดีกัน โดยมีจำนวนดังสมการ



จงหาผลรวมของผลิตภัณฑ์ที่ได้



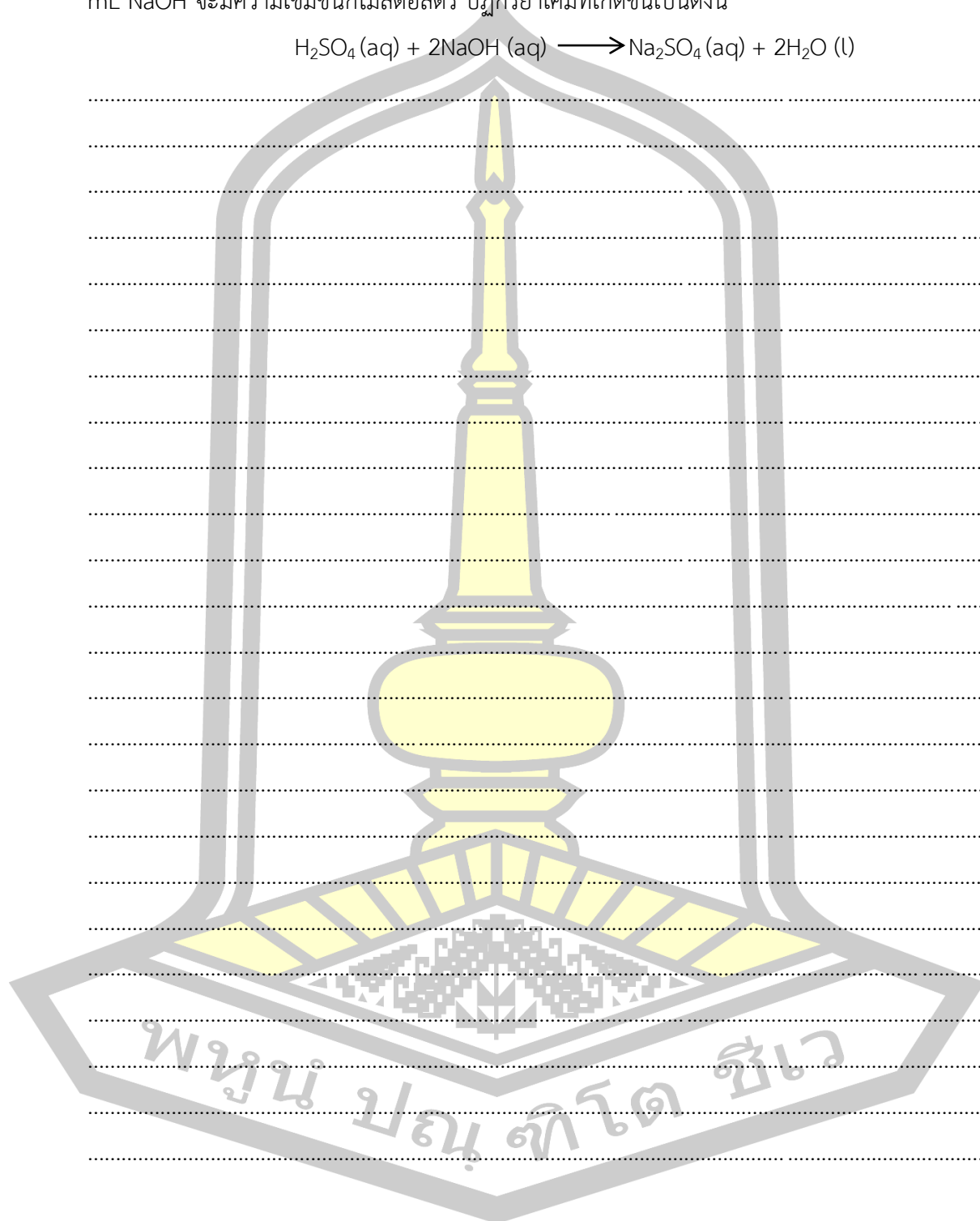
3. ถ้านำสารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยาพอดีกัน โดยมีจำนวนดังสมการ



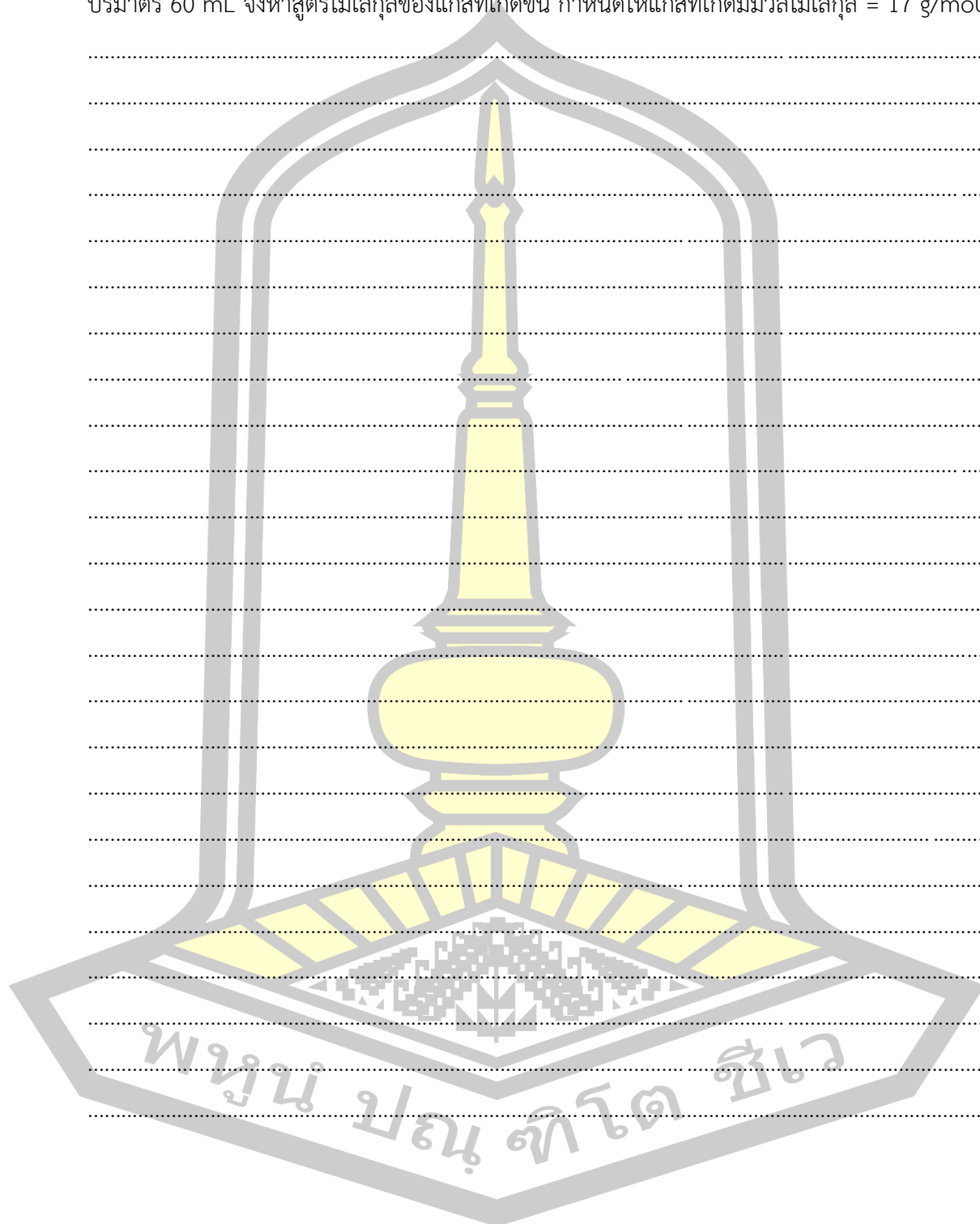
จงหามวลของ PbI_2 เมื่อกำหนดให้ $\text{KI} = 0.5 \text{ mol}$



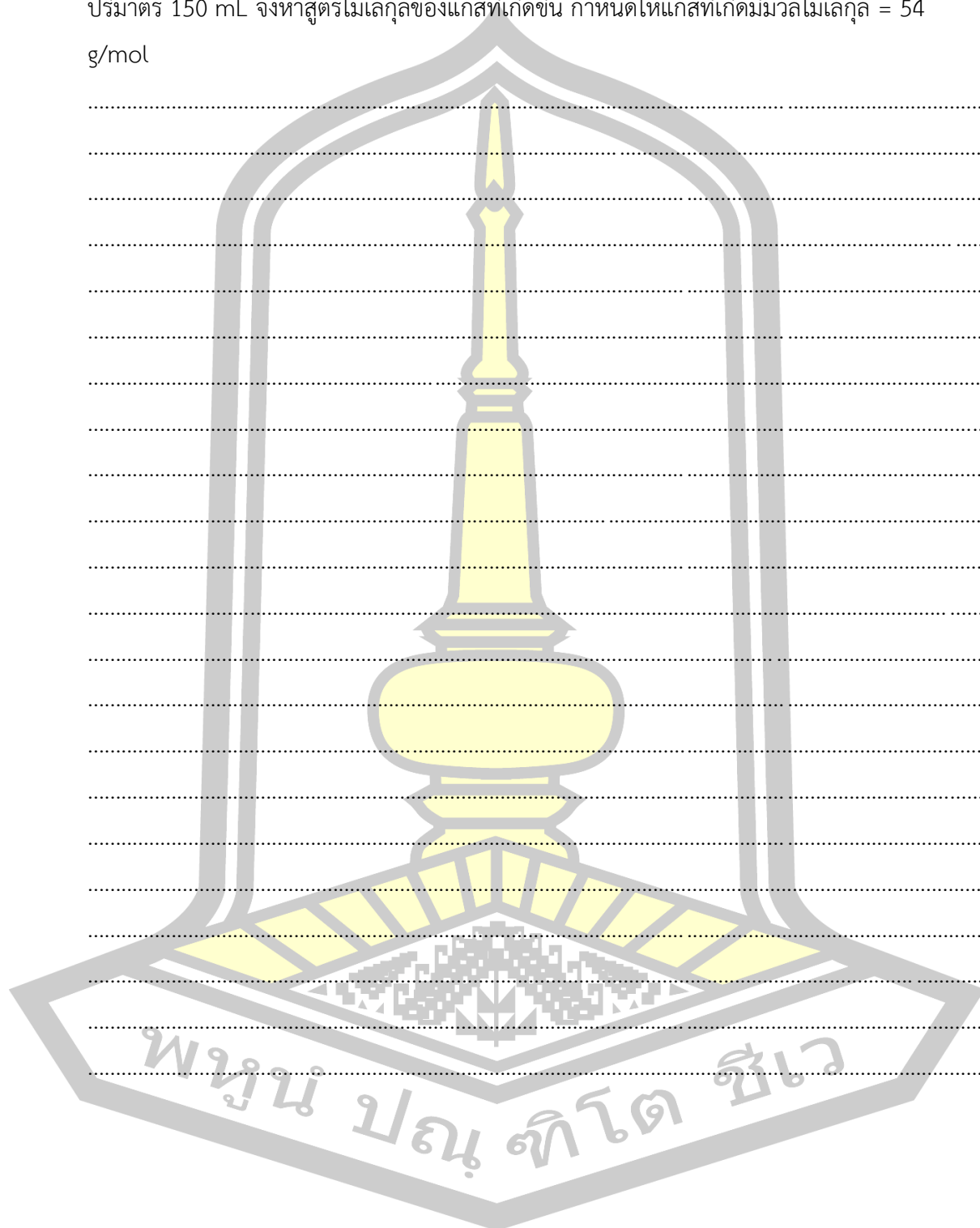
4. สารละลาย NaOH 50 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 12.4 mL NaOH จะมีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



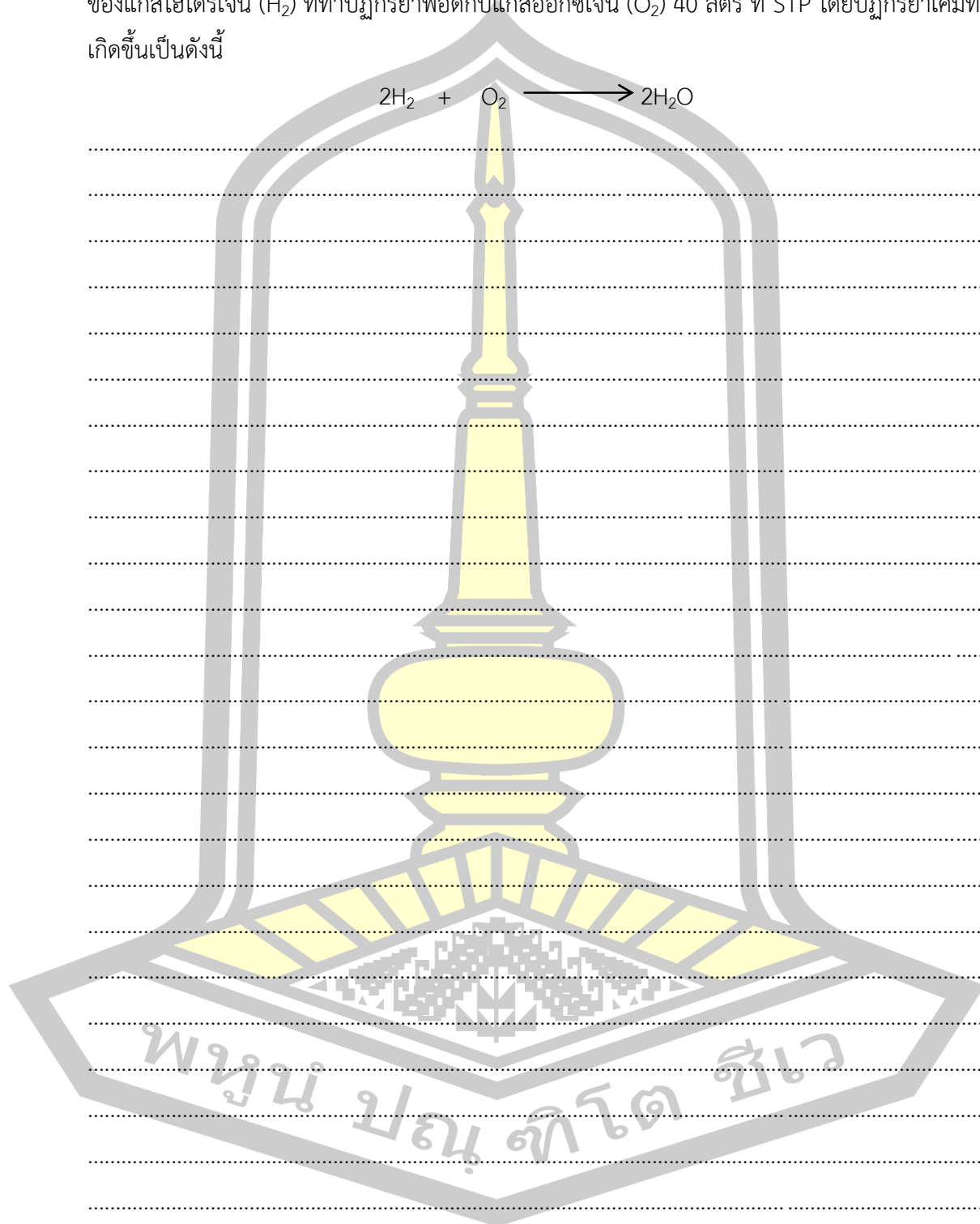
5. เมื่อใช้แก๊ส N_2 30 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊ส H_2 90 mL ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สชนิดหนึ่ง ปริมาตร 60 mL จงหาสูตรโมเลกุลของแก๊สที่เกิดขึ้น กำหนดให้แก๊สที่เกิดมีมวลโมเลกุล = 17 g/mol



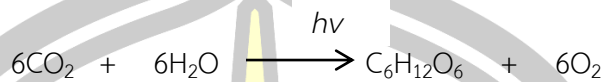
6. เมื่อใช้แก๊ส O_2 75 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊ส F_2 150 mL ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สชนิดหนึ่ง ปริมาตร 150 mL จงหาสูตรโมเลกุลของแก๊สที่เกิดขึ้น กำหนดให้แก๊สที่เกิดขึ้นมีมวลโมเลกุล = 54 g/mol



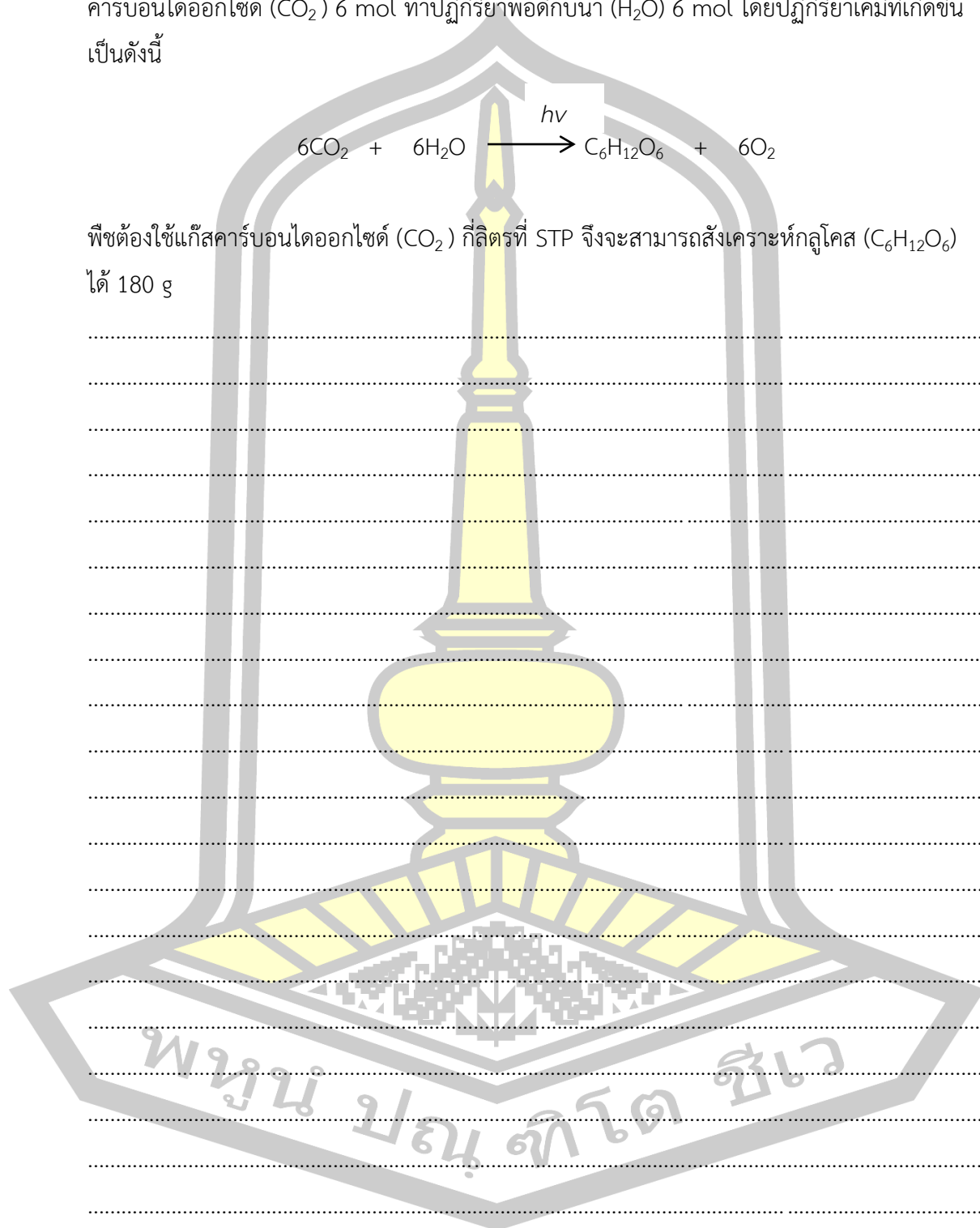
7. แก๊สไฮโดรเจน (H_2) ทำปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สออกซิเจน (O_2) เกิดไอน้ำ (H_2O) จงคำนวณปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน (O_2) 40 ลิตร ที่ STP โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



8. การสังเคราะห์กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ของพืชโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 6 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำ (H_2O) 6 mol โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



พืชต้องใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กี่ลิตรที่ STP จึงจะสามารถสังเคราะห์กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ได้ 180 g



แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ในการถลุงโลหะสังกะสี ทำได้โดยนำ ZnO และ C ไปเผา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมี 2 ขั้นตอน



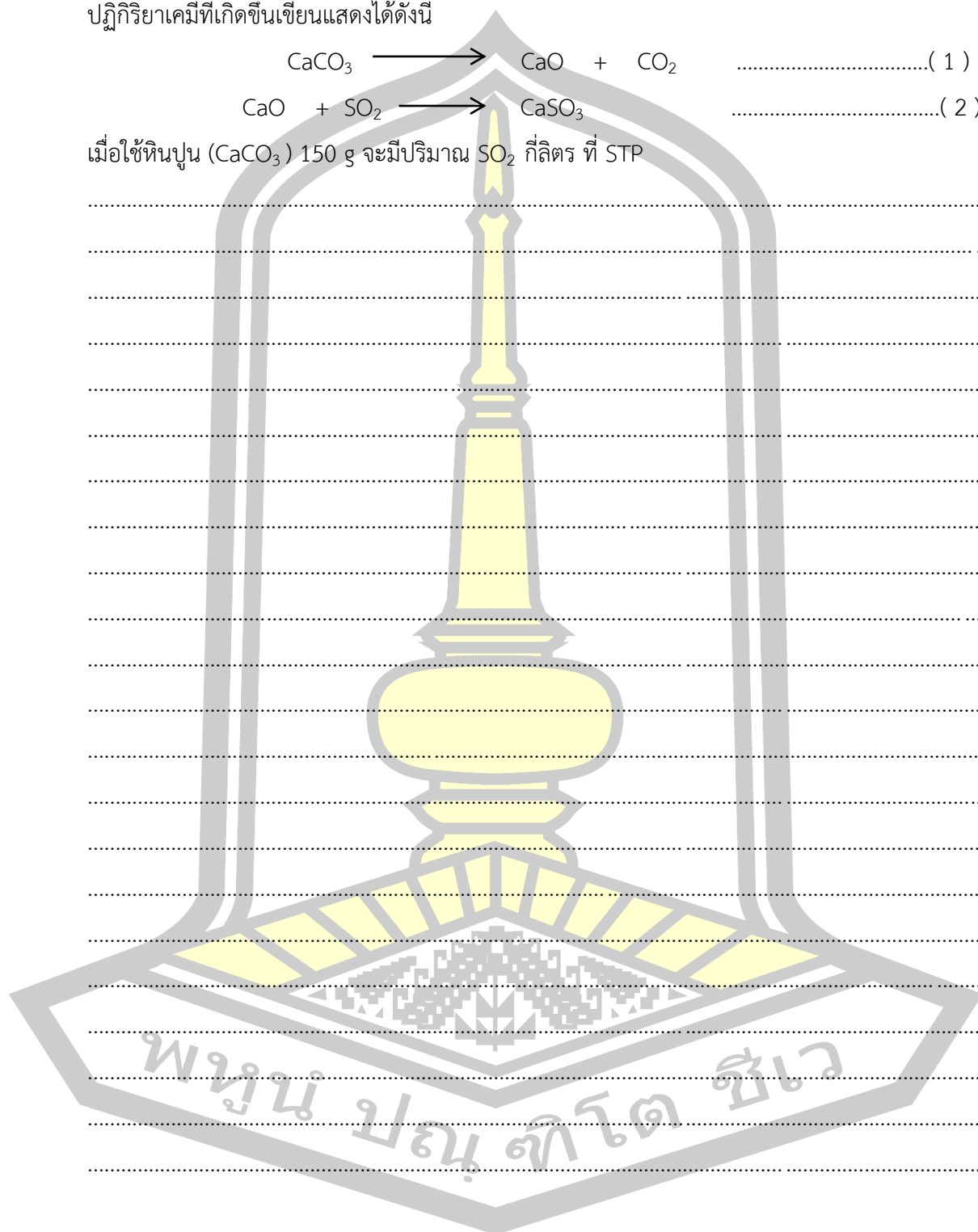
ถ้าใช้ C 3 mol จะเกิด CO₂ กี่ลิตร ที่ STP



2.วิธีการกำจัด SO_2 วิธีหนึ่งทำได้โดยใช้ SO_2 ทำปฏิกิริยากับ CaO ซึ่งได้จากการเผาหินปูน (CaCO_3) ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเขียนแสดงได้ดังนี้



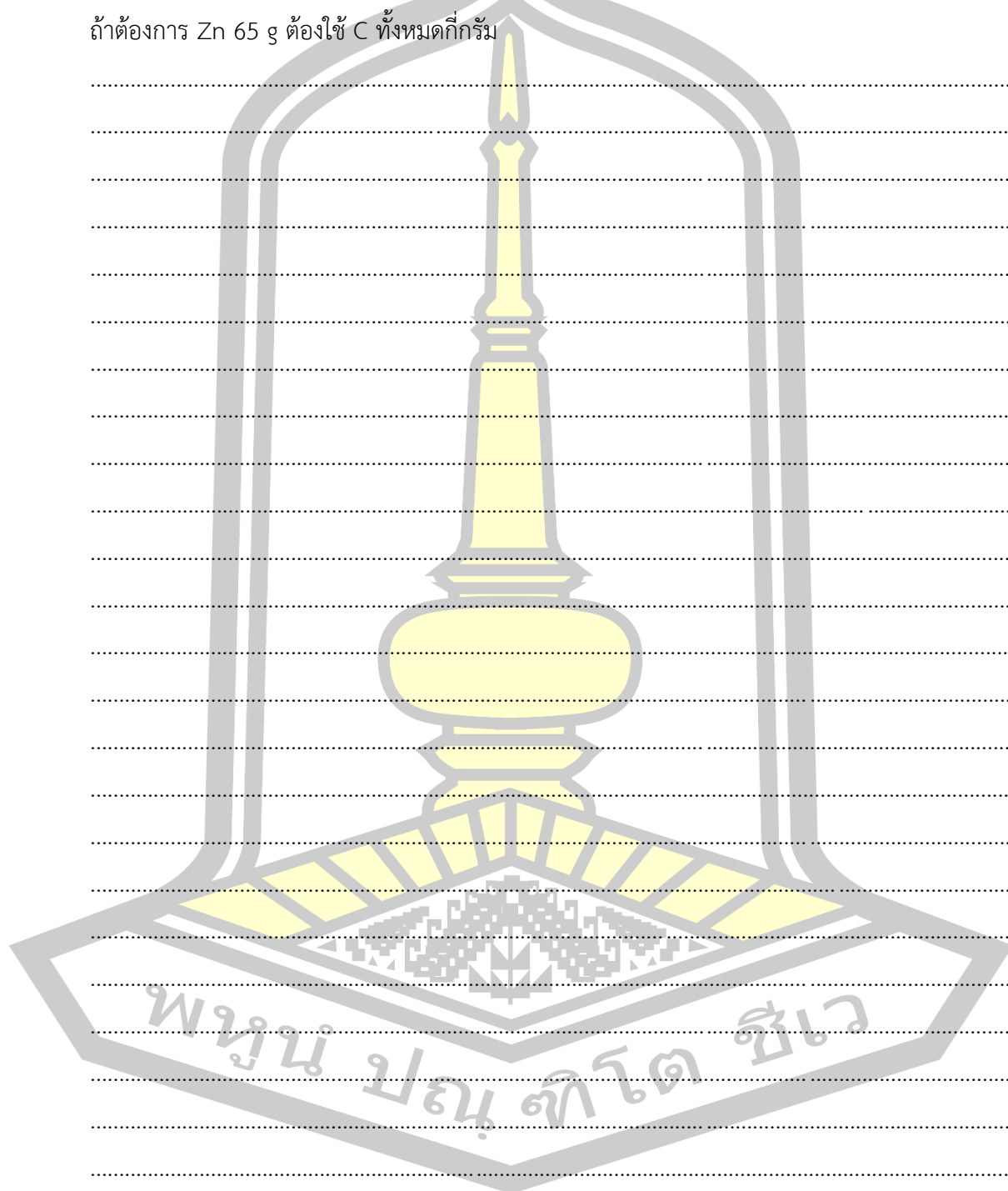
เมื่อใช้หินปูน (CaCO_3) 150 g จะมีปริมาณ SO_2 กี่ลิตร ที่ STP



3. ในการถลุงโลหะสังกะสี ทำได้โดยนำ ZnO และ C ไปเผา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมี 2 ขั้นตอน



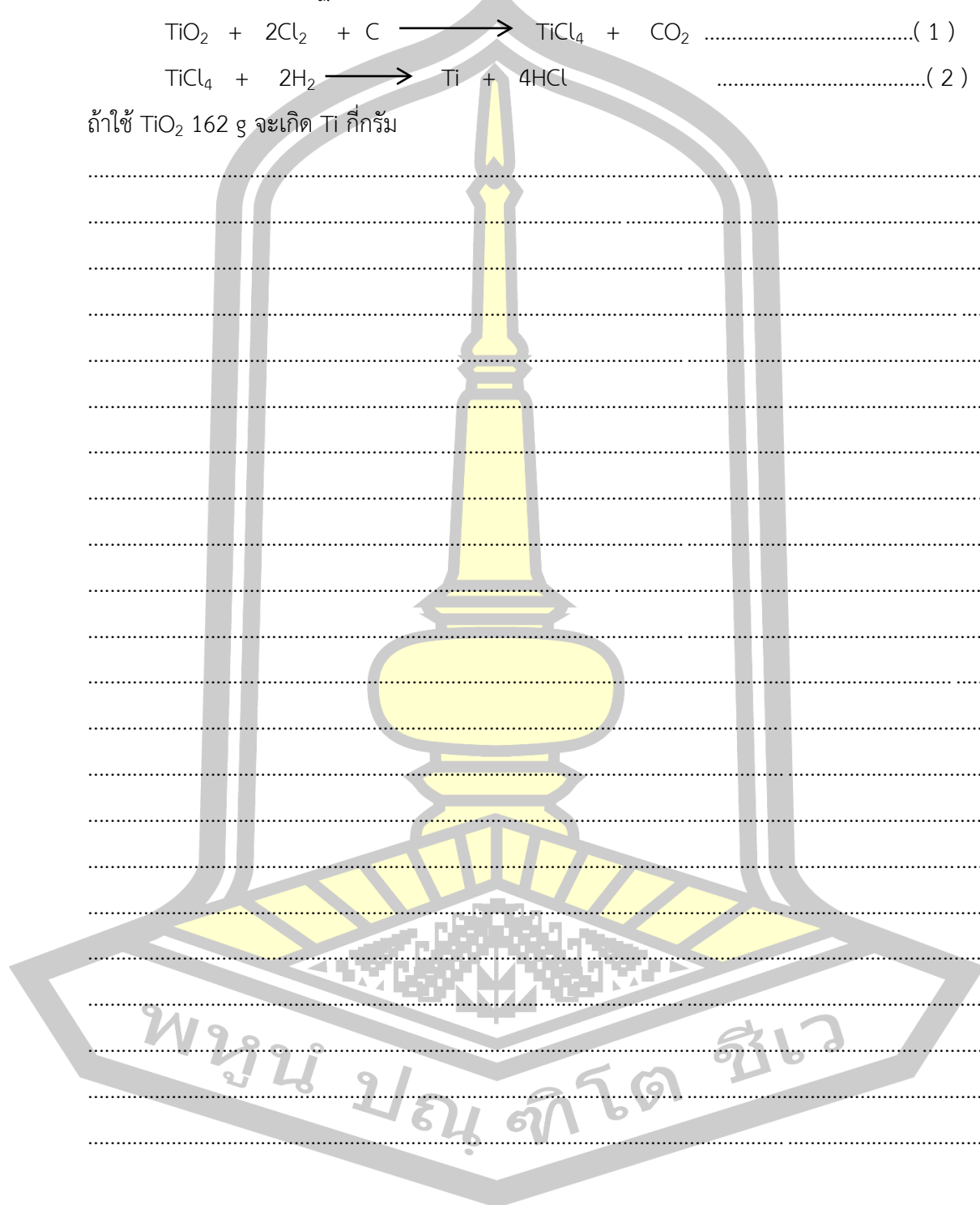
ถ้าต้องการ Zn 65 g ต้องใช้ C ทั้งหมดกี่กรัม



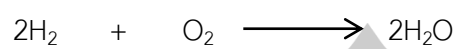
4. ในการผลิตโลหะไททาเนียม (Ti) จาก TiO_2 ทำได้โดยการผสม TiO_2 กับผงถ่าน (C) กับแก๊สคลอรีน (Cl_2) แล้วเผาให้ร้อนจัด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ



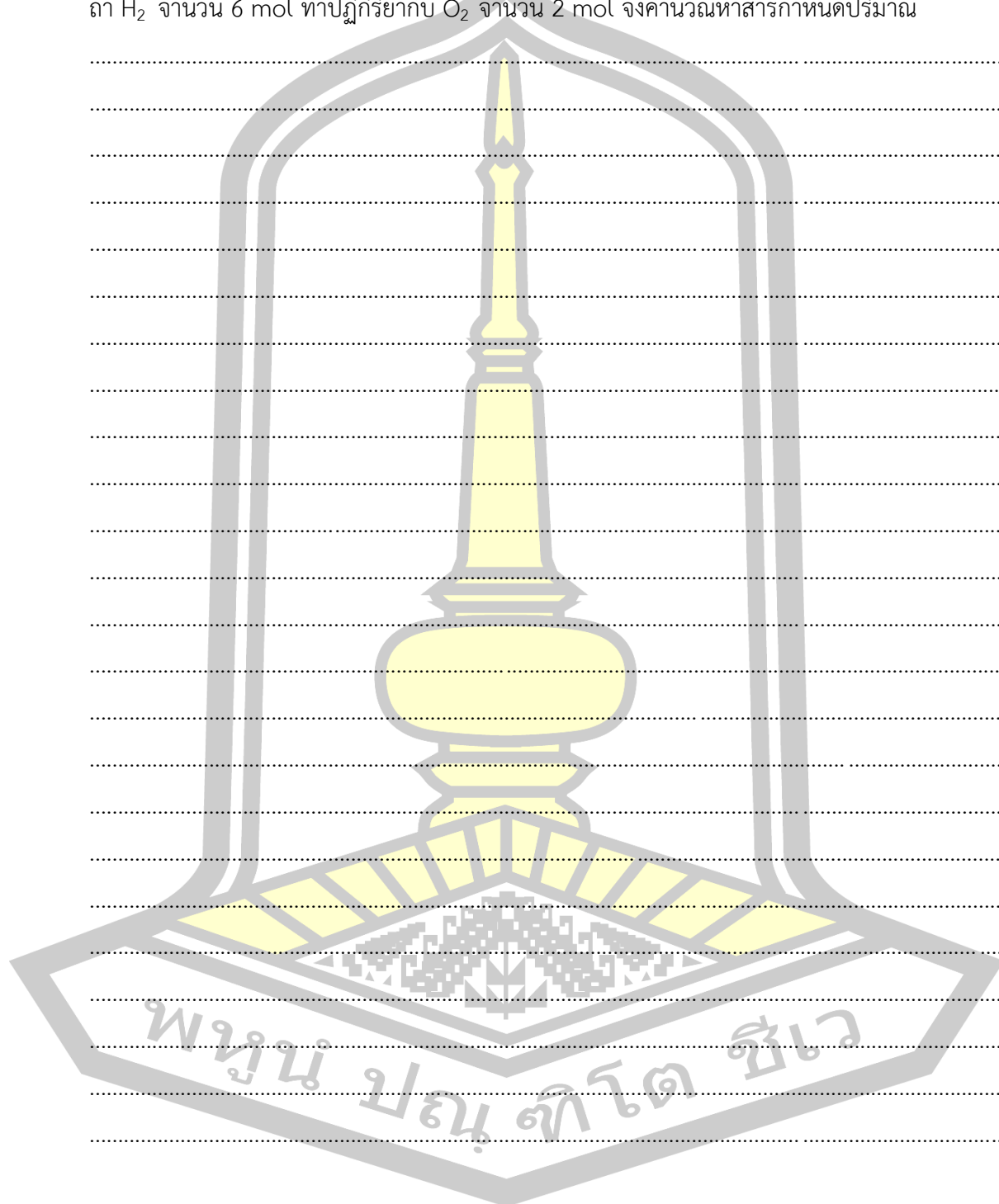
ถ้าใช้ TiO_2 162 g จะเกิด Ti กี่กรัม



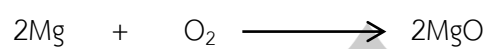
5. ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ถ้า H_2 จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยากับ O_2 จำนวน 2 mol จงคำนวณหาสารกำหนดปริมาณ



6. ปฏิกริยาเคมีต่อไปนี้



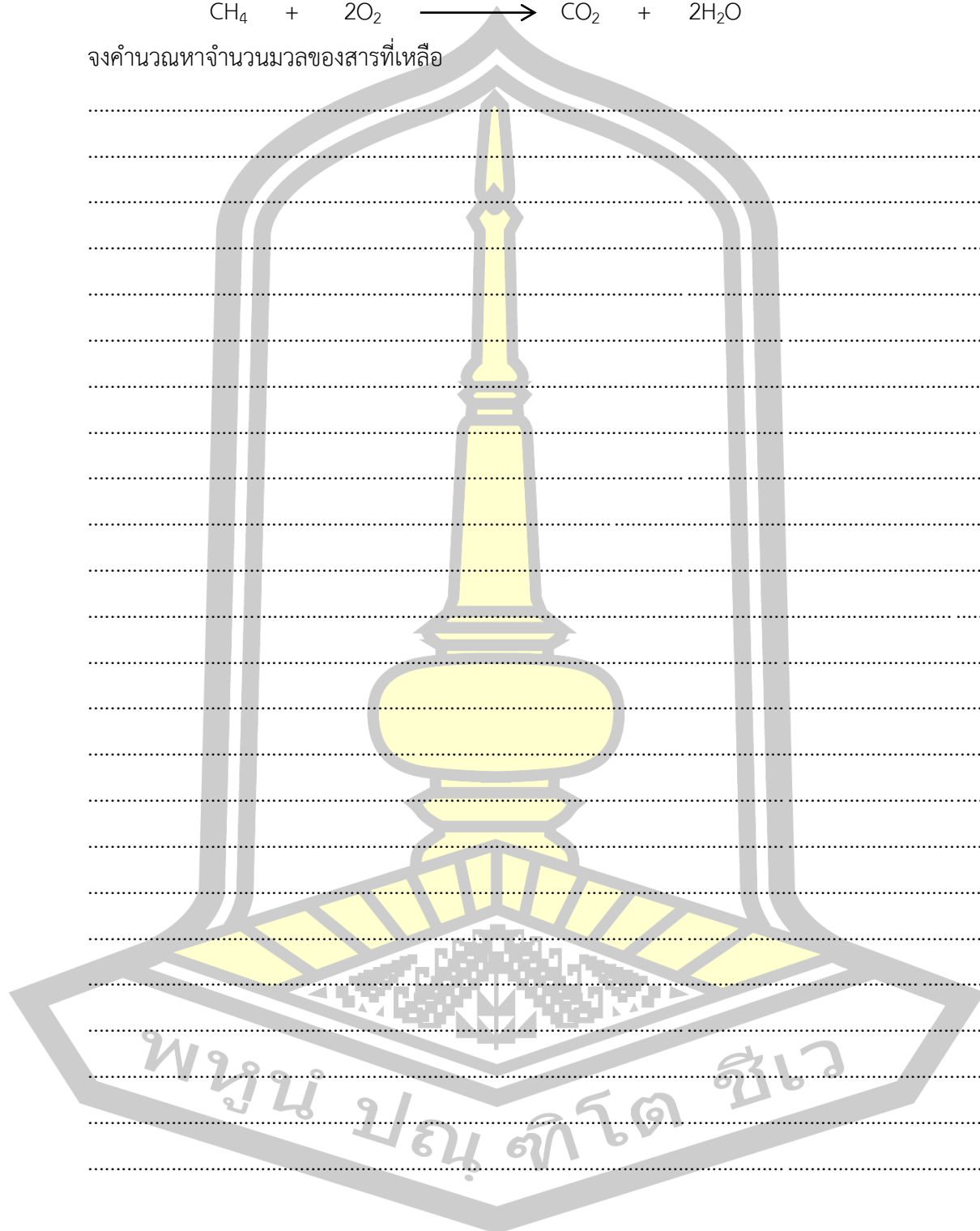
ถ้า Mg จำนวน 6 mol ทำปฏิกิริยากับ O_2 จำนวน 2.5 mol จงคำนวณหาจำนวนโมลของสารที่เหลือ



7. ถ้าให้แก๊สมีเทน (CH_4) 8 g เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน (O_2) 48 g ดังสมการเคมี



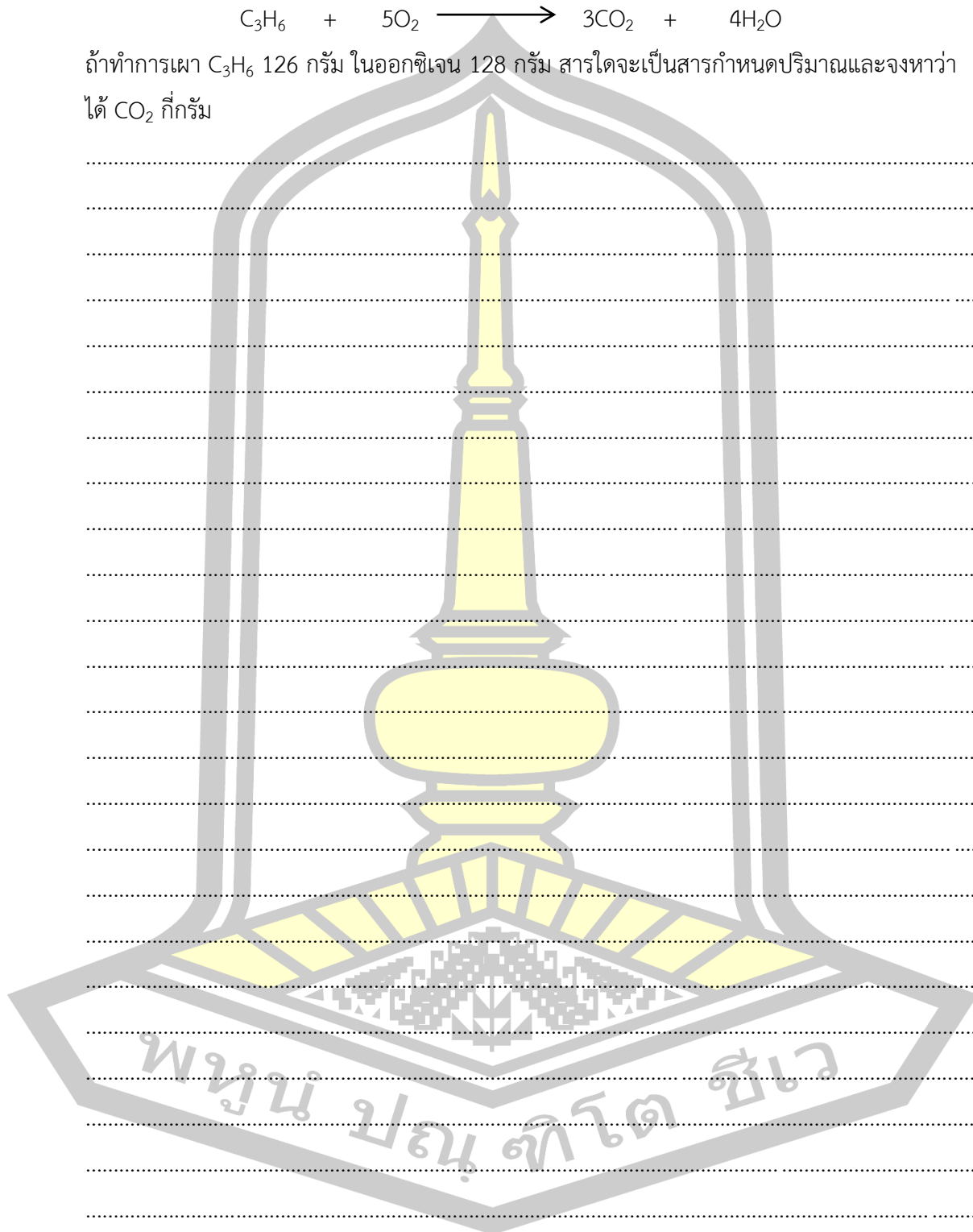
จงคำนวณหาจำนวนมวลของสารที่เหลือ



8. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของโพรเพน (C_3H_6) ในแก๊สออกซิเจนเป็นดังนี้



ถ้าทำการเผา C_3H_6 126 กรัม ในออกซิเจน 128 กรัม สารใดจะเป็นสารกำหนดปริมาณและจงหาว่า
ได้ CO_2 กี่กรัม

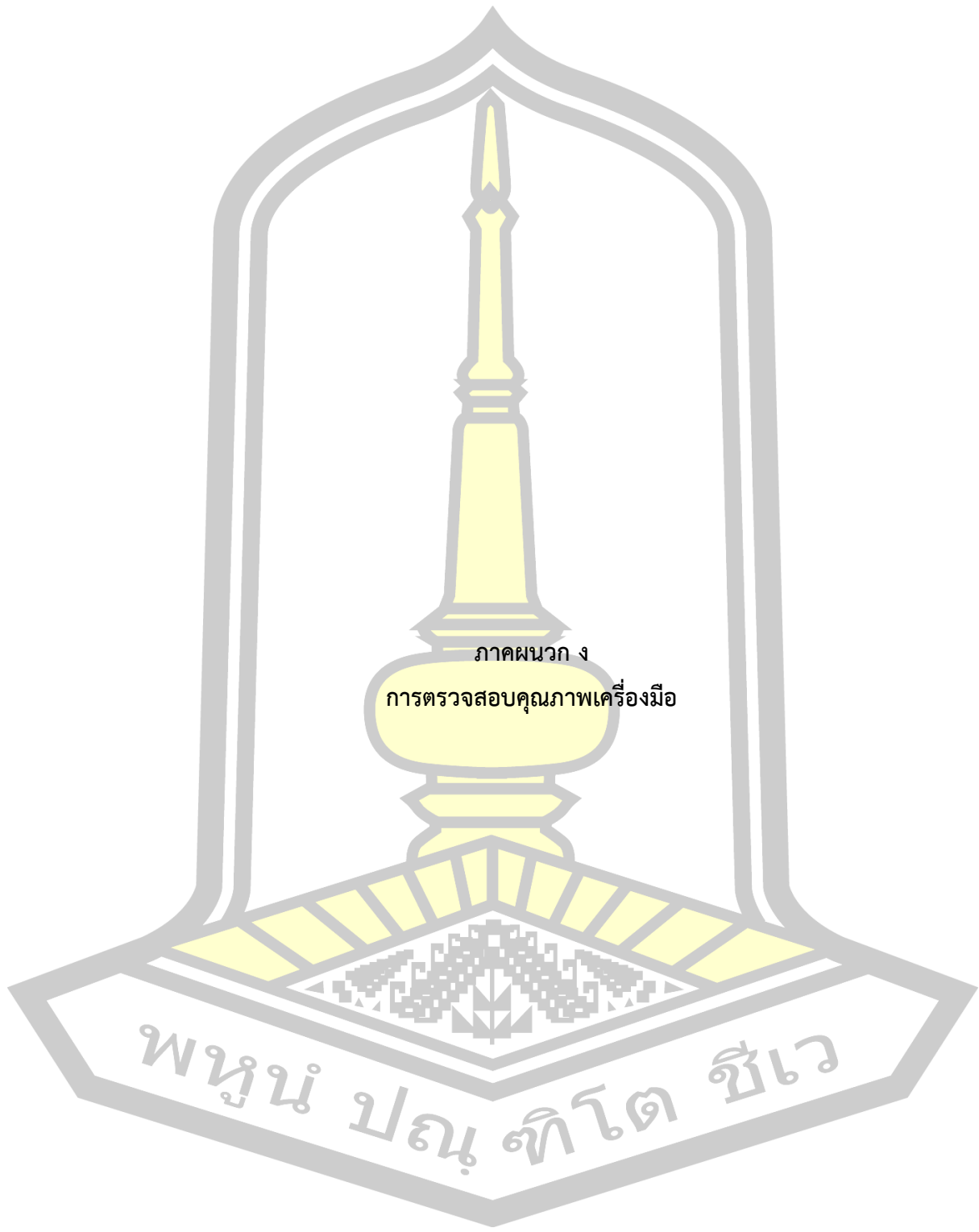


แบบบันทึกการสัมภาษณ์นักเรียน

ระดับผลการเรียนของผู้ที่ให้สัมภาษณ์ () เก่ง () ปานกลาง () อ่อน

คำชี้แจง สัมภาษณ์ตัวแทนนักเรียนที่มีผลการเรียนรู้ในกลุ่มเก่งกลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนกลุ่มละ 1 คนโดยมีลักษณะการสัมภาษณ์ใช้คำถามปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นของตนเองตามความเป็นจริง

1. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าจากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาต้องการให้หาสิ่งใดได้หรือไม่ อย่างไร
.....
2. จากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหานักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาได้หรือไม่ อย่างไร
.....
3. นักเรียนสามารถเขียนวิธีการทางเคมี ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร
.....
4. นักเรียนสามารถเขียนสูตรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ได้หรือไม่ อย่างไร
.....
5. นักเรียนสามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้ได้หรือไม่ อย่างไร
.....
6. นักเรียนสามารถแทนค่าที่ถูกกำหนดไว้ลงในสมการเพื่อหาคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร
.....
7. นักเรียนสามารถคำนวณค่าจากสมการได้ถูกต้องหรือไม่ อย่างไร
.....
8. นักเรียนสามารถหาคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องตามลักษณะของโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งระบุหน่วยของคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร
.....
9. นักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบและวิธีการที่ได้หรือไม่ อย่างไร
.....
10. นักเรียนคิดว่าปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนวิชาเคมีที่พบคืออะไร และคิดว่าแนวทางแก้ไขต้องทำอย่างไร
.....
11. นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรปรับปรุงหรือพัฒนาในส่วนใดบ้าง
.....



ภาคผนวก ง
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

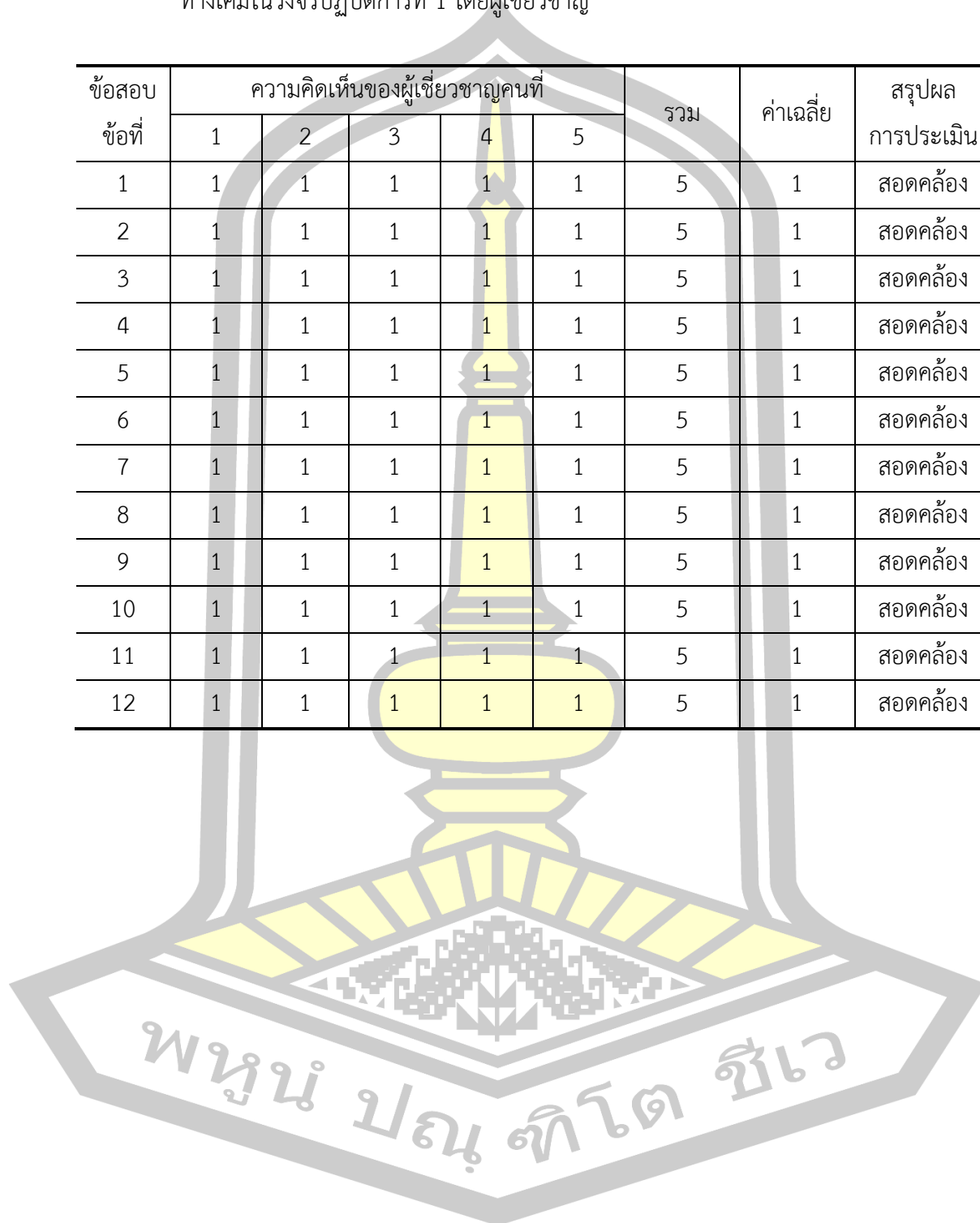
พหุ ประทีป ชัยเว

ตาราง 20 ผลประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการ
แก้ปัญหาของโพลยาโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ												รวม	สรุปผล		
	แผนการจัดการเรียนรู้															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	คุณภาพดี
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	4.2	4.2	4.2	4.4	4.2	4.2	4.4	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	คุณภาพดี
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	4.4	4.4	4.4	4.6	4.4	4.4	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3	คุณภาพดี
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	4.4	4.4	4.4	4.4	4.2	4.4	4.2	4	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3	คุณภาพดี
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	4.2	4.4	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4	4.2	4.2	4.2	4.2	คุณภาพดี
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา	3.8	3.8	3.8	4.2	4.2	4	3.6	3.8	3.6	3.8	3.6	3.6	3.6	3.8	คุณภาพดี	
7. ความสอดคล้องของโจทย์ปัญหาที่นำมาใช้ กับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	3.6	3.8	4.2	4	3.8	4	3.8	4	3.8	3.8	3.9	คุณภาพดี	
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4	4	4	3.8	3.8	4	4.2	4	4	4	4	4	4	4.0	คุณภาพดี	

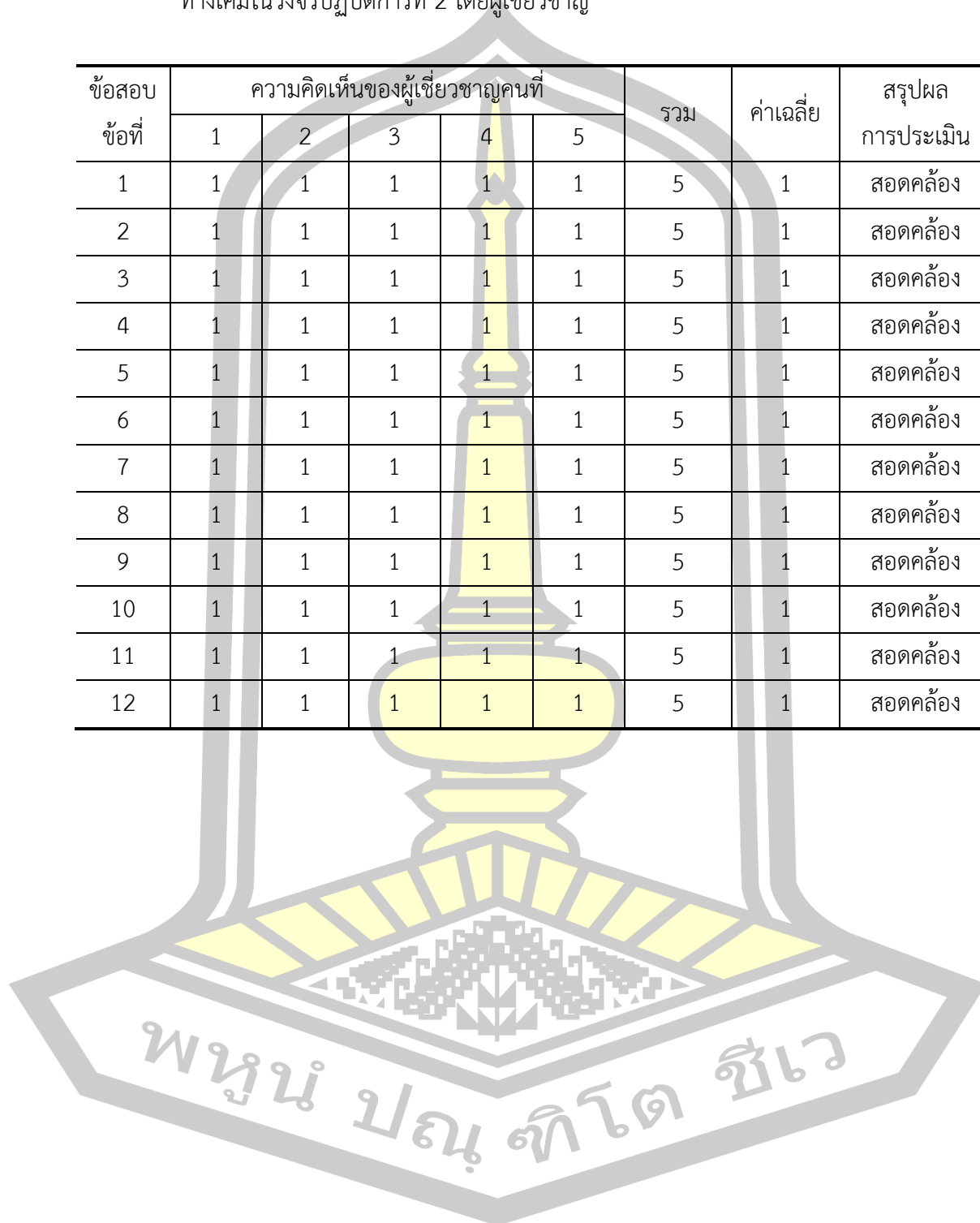
ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหา
ทางเคมีในวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล การประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง



ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหา
ทางเคมีในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล การประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง



ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบการวัดความสามารถ
การแก้โจทย์เคมี

วงจรปฏิบัติการที่ 1				วงจรปฏิบัติการที่ 2			
ข้อ ที่	ค่าความ ยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	ผลการ พิจารณา	ข้อที่	ค่าความ ยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	ผลการ พิจารณา
1	0.73	0.54	ใช้ได้	1	0.76	0.37	ใช้ได้
2	0.75	0.47	ใช้ได้	2	0.60	0.24	ใช้ได้
3	0.72	0.49	ใช้ได้	3	0.78	0.21	ใช้ได้
4	0.67	0.35	ใช้ได้	4	0.78	0.28	ใช้ได้
5	0.55	0.72	ใช้ได้	5	0.77	0.33	ใช้ได้
6	0.56	0.70	ใช้ได้	6	0.78	0.32	ใช้ได้
7	0.52	0.95	ใช้ได้	7	0.55	0.78	ใช้ได้
8	0.51	0.98	ใช้ได้	8	0.55	0.71	ใช้ได้
9	0.51	0.98	ใช้ได้	9	0.48	0.67	ใช้ได้
10	0.50	0.84	ใช้ได้	10	0.58	0.63	ใช้ได้
11	0.52	0.84	ใช้ได้	11	0.73	0.46	ใช้ได้
12	0.51	0.98	ใช้ได้	12	0.64	0.56	ใช้ได้



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสุธิตา แสนวัง
วันเกิด	วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 111 หมู่ที่ 4 ตำบลโพธิ์สัย อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45280
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2559 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ์ ปณุ์ ทิโต ชีเว